

Trabajo de Fin de Grado

## Ingeniería en Tecnologías Industriales

### Gestión energética sostenible en un camping de montaña

#### MEMORIA

**Autor:** Arnau Domínguez Vaquera  
**Director:** Lázaro Vicente Cremades Oliver  
**Convocatoria:** Enero 2019



Escuela Técnica Superior  
de Ingeniería Industrial de Barcelona





## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo inicial la realización de un estudio de gestión energética en un camping de montaña concreto (Camping Repòs del Pedraforca, en Cataluña). Posteriormente, se proponen soluciones por tal de reducir los impactos medioambientales y generar economías sostenibles. Se cree que la idea general de solución puede servir también para campings de características similares, consiguiendo así mayor sostenibilidad sobre la gestión del camping.

Para el estudio de la gestión energética actual del camping objeto de estudio se ha utilizado un método analítico. Se ha descompuesto el consumo total de la energía en varias partes según la fuente de energía para determinar la causa, la naturaleza y el efecto que tiene cada una. Para determinar la solución se ha realizado un análisis de alternativas con unos criterios que se enfocan en la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente.

Finalmente, los resultados demuestran que es posible una mejora significativa sobre la economía con la utilización de energías limpias y renovables. Asimismo, los resultados también demuestran que el uso de energías renovables es beneficioso para el medio ambiente, particularmente para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Por tanto, también se refuerza la idea de promover el uso de energías renovables en campings.



# Sumario

<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>SUMARIO</b>	<b>5</b>
<b>1. GLOSARIO</b>	<b>7</b>
<b>2. PREFACIO</b>	<b>9</b>
2.1. Origen del proyecto .....	9
2.2. Motivación.....	9
<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
3.1. Objetivos del proyecto .....	11
3.2. Alcance del proyecto .....	11
<b>4. NORMATIVA APLICABLE</b>	<b>12</b>
4.1. Legislación energética en campings .....	12
4.2. Normas ISO .....	12
4.2.1. Serie ISO 14000 .....	13
4.2.2. Serie ISO 50000 .....	14
<b>5. GESTIÓN AMBIENTAL DE CAMPINGS</b>	<b>15</b>
5.1. Gestión sobre la contaminación .....	15
5.2. Gestión sobre el consumo de los recursos .....	16
5.2.1. Consumo de agua.....	16
5.2.2. Consumo de suelo .....	17
5.2.3. Consumo energético.....	17
5.3. Estudio de mercado del consumo energético .....	17
5.3.1. Obtención de ACS y climatización .....	18
5.3.2. Obtención de electricidad.....	21
5.3.3. Caso particular de campings de montaña de Cataluña .....	22
<b>6. SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMPING OBJETO DE ESTUDIO</b>	<b>24</b>
6.1. Descripción general del camping .....	25
6.2. Gestión actual sobre el consumo de los recursos .....	26
6.2.1. Consumo de agua.....	27
6.2.2. Consumo de suelo .....	27
6.2.3. Consumo energético.....	27
6.3. Gestión energética actual.....	27

6.3.1. Consumo de GLP .....	27
6.3.2. Consumo de gasoil .....	30
6.3.3. Consumo de electricidad .....	32
6.3.4. Consumo total.....	35
<b>7. PROPUESTA DE MEJORA .....</b>	<b>37</b>
7.1. Análisis de alternativas .....	37
7.2. Solución propuesta .....	42
<b>8. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN .....</b>	<b>43</b>
8.1. Caldera de biomasa.....	43
8.1.1. Funcionamiento general y partes fundamentales .....	43
8.1.2. Biocombustibles y tipos de calderas .....	45
8.1.3. Comparativa con calderas convencionales de combustibles fósiles .....	47
8.2. Implementación de la caldera de biomasa en el camping .....	49
8.3. Paneles solares fotovoltaicos .....	52
8.3.1. Funcionamiento general .....	52
8.3.2. Ventajas e inconvenientes .....	54
8.4. Implementación de paneles solares fotovoltaicos en el camping .....	55
<b>9. ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>58</b>
9.1. Implementación de las calderas de biomasa .....	58
9.2. Implementación de los paneles solares fotovoltaicos .....	61
<b>10. IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>63</b>
10.1. Cambio de gasoil a biomasa .....	63
10.2. GLP .....	63
10.3. Red eléctrica y paneles solares .....	64
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>65</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>68</b>
Referencias bibliográficas .....	68
<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>
Anexo A.....	71
Anexo B.....	72
Anexo C.....	74
Anexo D.....	77

# 1. Glosario

- **AC:** del inglés, *Alternating Current*. En español sus siglas son CA que significa corriente alterna.
- **ACS:** Agua Caliente Sanitaria (*DHW, Domestic Hot Water*, en inglés).
- **Bungalow:** palabra inglesa que significa casa pequeña que suele construirse en lugares de acampada. La palabra adaptada al español es bungaló.
- **DC:** del inglés, *Direct Current*. En español sus siglas son CC (o CD) que significa corriente continua.
- **GEI:** Gas de Efecto Invernadero.
- **GLP:** Gas Licuado del Petróleo (*LPG, Liquefied Petroleum Gas*, en inglés).
- **HVAC:** del inglés, *Heating, Ventilating and Air Conditioning*. Se refiere a la climatización.
- **HVDC:** del inglés, *High Voltage Direct Current* que significa corriente continua de alta tensión. Es un sistema de transporte de energía eléctrica utilizado en largas distancias.
- **IVA:** Impuesto sobre el Valor Añadido. Impuesto indirecto sobre el consumo y la prestación de servicios empresariales o profesionales, repercutible en cada una de las fases del proceso económico.
- **PCI:** Poder Calorífico Inferior. Es el calor de la combustión que no aprovecha la energía de condensación del agua.
- **PCS:** Poder Calorífico Superior. Es el calor de la combustión que sí aprovecha la energía de condensación del agua y por tanto, con la misma cantidad de combustible, se genera más calor.





## 2. Prefacio

A continuación se procede a la presentación y definición del objeto de estudio del proyecto. Se explica el origen de la problemática a resolver y la motivación personal que lleva a ella.

### 2.1. Origen del proyecto

Durante los últimos años la conciencia ecológica de la sociedad ha ido creciendo debido principalmente al cambio climático que sufre el planeta. Esto significa que cada vez son más personas las que se preocupan por el medio ambiente y se enfrentan a los distintos problemas ecológicos con la finalidad de dejar un mundo mejor a las próximas generaciones.

Trasladando esta idea a los campings de montaña, cada vez hay más clientes que exigen un cierto respeto hacia la naturaleza, reclamando calidad ambiental. Este hecho provoca un factor de competitividad entre las empresas turísticas de campings.

Por lo tanto, el proyecto nace de la intención de potenciar gestiones sostenibles en campings que den lugar a menores impactos medioambientales y a economías sostenibles. Entre las diferentes gestiones que se pueden llevar a cabo dentro de un camping, este proyecto se centrará en la gestión del consumo energético.

### 2.2. Motivación

Tras muchos años siendo cliente habitual de campings de montaña, al autor le nace una inquietud sobre si la gestión en dichos campings se está realizando de manera adecuada. Y es por eso que uno se pregunta si podría mejorarse por tal de ser más respetuosa con el medio ambiente. Por tanto, la motivación principal es la de lograr un sistema de gestión sostenible que sea beneficioso para los clientes y el camping.



### **3. Introducción**

Debido a la necesidad de gestionar campings de forma respetuosa con el medio ambiente y a la creciente demanda de clientes que lo exige, este proyecto estudiará las distintas gestiones sostenibles que se pueden llevar a cabo en un camping, centrándose en la gestión energética. A continuación, se desarrollan los objetivos del proyecto.

#### **3.1. Objetivos del proyecto**

La finalidad es gestionar el consumo energético de un camping de montaña de manera sostenible.

El propósito es realizar un estudio de gestión energética sostenible en un camping de montaña concreto, que será el Camping Repòs del Pedraforca. Identificar y reducir los impactos medioambientales y generar economías sostenibles. Poder extrapolar las mejoras a campings similares.

#### **3.2. Alcance del proyecto**

Este proyecto se centra en la gestión energética sostenible en campings de montaña y se enfoca en el Camping Repòs del Pedraforca. No obstante, se cree que los resultados pueden extrapolarse a otros campings de características similares, por lo que respectan las condiciones meteorológicas y geográficas.

## 4. Normativa aplicable

En este apartado se explicarán brevemente las diferentes normativas, tanto obligatorias como voluntarias, que están relacionadas con la gestión energética de campings en general.

### 4.1. Legislación energética en campings

Para la realización de este apartado se han consultado varios campings de montaña con más de 10 años de antigüedad. Todos han coincidido en que no existe ninguna legislación de carácter obligatorio sobre la gestión energética en campings que sea relevante y que vaya más allá de lo que se conoce por sentido común, exceptuando lo que se presenta a continuación.

El Código Técnico de la Edificación presenta un documento nombrado Documento Básico de Ahorro de Energía que tiene como objetivo conseguir una reducción del consumo energético, limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y utilizar energías renovables. En este documento se exige que en los nuevos edificios o en los que se vaya a rehabilitar exista una contribución solar mínima de ACS (agua caliente sanitaria) y una contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica [1].

Esta normativa obligatoria se traduce en el sector de los campings de la siguiente manera: los lavabos del camping han de tener un mínimo de suministro eléctrico procedente de paneles solares fotovoltaicos. Por lo tanto, es obligatoria la implementación de un mínimo de paneles solares en los lavabos.

### 4.2. Normas ISO

Las normas ISO son un conjunto de normas de carácter voluntario orientadas a mejorar la gestión de una empresa u organización en todos sus ámbitos. Dichas normas son establecidas por la Organización Internacional de Normalización (*International Organization for Standardization*, en inglés) y tienen un gran reconocimiento y aceptación internacional por lo que merece tenerlas en cuenta. Las normas ISO que están relacionadas con este proyecto son las de medio ambiente, concretamente la serie ISO 14000 y la serie ISO 50000.

#### 4.2.1. Serie ISO 14000

La serie ISO 14000 es un estándar técnico de gestión ambiental cuyo propósito es minimizar los efectos negativos causados al medio ambiente y conseguir una mejora medioambiental en la producción, reduciendo el gasto energético y material. Esta norma ayuda a una organización a lograr los resultados previstos de sus sistemas de gestión ambiental, con lo que aporta valor al medio ambiente, a la propia organización y a sus partes interesadas. La norma es aplicable a cualquier organización, independientemente de su tamaño, tipo y naturaleza, y se aplica a los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios considerando una perspectiva de ciclo de vida [2].

#### La etiqueta ecológica de excelencia EU Ecolabel

La etiqueta ecológica *EU Ecolabel* (Figura 1) es un plan ambiental voluntario de la Unión Europea que otorga excelencia ambiental a productos y servicios que cumplen altos estándares ambientales a lo largo de su ciclo de vida [3].



Figura 1. Logotipo de la etiqueta de excelencia ambiental *EU Ecolabel* [3].

Dicha etiqueta cumple con los requisitos de la norma ISO 14020 (apartado de etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales de la serie ISO 14000). Para verificar los requisitos de la etiqueta ecológica *EU Ecolabel* se realiza un exhaustivo proceso de certificación y auditoría. La organización que lo rige es la Comisión Europea y el certificado tiene una validez de 3 a 5 años.

Un alojamiento turístico, como puede ser un camping, con dicha etiqueta ecológica de la Unión Europea tiene producción racional de energía, agua y residuos. También favorece el uso de recursos renovables y sustancias menos peligrosas, y promueve la educación ambiental.

#### **4.2.2. Serie ISO 50000**

La serie ISO 50000 es un estándar técnico de gestión ambiental cuyo propósito es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía. La implementación de esta norma está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como del gasto de la energía a través de una gestión sistemática de la energía. La norma es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. Su implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y, especialmente, de la alta dirección [2].

## 5. Gestión ambiental de campings

La gestión ambiental en los campings se puede realizar sobre la contaminación (sobre todo aquello que se expulsa a la naturaleza) o sobre el consumo de los recursos (sobre todo aquello que se extrae de la naturaleza) [4]. A continuación se hará una descripción de los diferentes tipos de gestiones realizables. Se hará énfasis en el consumo de recursos energéticos, puesto que es el tema central de estudio. Posteriormente, se hará un estudio de mercado del consumo energético en campings y se estudiará en particular el caso de los campings de montaña de Cataluña.

### 5.1. Gestión sobre la contaminación

#### Generación de residuos

Los residuos generados por los campistas se pueden clasificar en residuos no peligrosos y residuos peligrosos, según su impacto al medio ambiente.

- Los residuos no peligrosos son todos aquellos que se generan a consecuencia de la estancia en el camping. Pueden ser residuos orgánicos, plásticos, cartones, cristal... en general basura fácilmente reciclable.
- Los residuos peligrosos son los más problemáticos por lo que al reciclaje se refiere. Tienen un impacto mayor sobre el medio ambiente. Pueden ser fluorescentes, bombillas, pilas, baterías, etcétera.

#### Generación de vertidos

La emisión de vertidos o contaminantes líquidos que genera un camping ha de gestionarse de manera eficiente para evitar males mayores sobre el medio ambiente (como por ejemplo la infiltración en el subsuelo o el vertido en ríos). Estos contaminantes vienen determinados por aguas residuales, productos de limpieza, herbicidas o pesticidas.

#### Generación de emisiones

Generalmente son pocas pero lo correcto es considerarlas. Las emisiones a la atmósfera corresponderían a las calderas de gasoil de calefacción y a los humos de escape de los vehículos que se mueven por el recinto.

## **Contaminación acústica**

Hace referencia al ruido (sonido excesivo y molesto) que produce efectos negativos sobre la salud de las personas. En los campings, este ruido se produce de forma esporádica y es generado por bombas de agua, calderas, máquinas cortadoras de césped y otros elementos de mantenimiento y jardinería. Los mismos clientes también podrían generar ruidos propios de forma ocasional. Un camping con graves problemas de contaminación acústica podría desorientar especies animales como las aves migratorias.

## **Contaminación lumínica y visual**

La contaminación lumínica se refiere a la degradación de los ecosistemas producida por la luz artificial. El uso innecesario y desproporcionado de la luz artificial (especialmente la tradicional, incandescente y fluorescente, que es de color amarilla o naranja) provoca este tipo de contaminación que también puede causar efectos negativos sobre las personas e incluso llegar a desorientar a ciertas especies animales.

La contaminación visual se refiere a todo aquello que perturbe la visualización del paisaje o entorno natural, afectando a su estética. Ejemplos podrían ser el uso irracional de carteles publicitarios o de torres y cables eléctricos. Además de los otros tipos de contaminación descritos anteriormente, ésta también puede afectar a la salud de los seres vivos que residen en la zona.

## **Alteración del hábitat del entorno**

La explotación y el manejo de especies de flora y fauna puede afectar considerablemente el entorno natural. Especialmente, si dichas especies están en peligro de extinción o están protegidas. También hay que prestar especial atención a no introducir especies alóctonas que impacten perjudicialmente sobre las autóctonas. Por lo tanto, es importante tener cierto cuidado en la gestión de los jardines y granjas que pueda tener el camping.

## **5.2. Gestión sobre el consumo de los recursos**

### **5.2.1. Consumo de agua**

El consumo es generalmente de agua potable. El suministro de agua ha de estar garantizado para las aguas sanitarias, por lo tanto, para el consumo directo, para el riego y para el funcionamiento de piscinas. Esto implica el abastecimiento de recursos hídricos a través de la red municipal correspondiente o bien a través de depósitos propios independientes (en este último caso, sería necesaria la instalación de depuración que cumpla todas las condiciones legales).



### 5.2.2. Consumo de suelo

La presencia de caravanas, tiendas de campaña o *bungalows* (es decir, casas pequeñas) consume territorio en el sentido de que cambia el valor paisajístico de la zona. También puede implicar el cambio en el uso de suelo.

### 5.2.3. Consumo energético

La energía en los campings se necesita para conseguir el agua caliente sanitaria (ACS o *DHW, Domestic Hot Water*, en inglés), para la climatización (*HVAC, Heating, Ventilating and Air Conditioning*) y para el uso de aparatos eléctricos. Según el modelo de camping se puede prescindir de algunas de las necesidades, pero estas son las habituales.

El ACS (potable para uso doméstico y no potable para uso industrial) es fundamental para el servicio que se da en los campings. En este caso, como sería para uso doméstico, es agua destinada para consumo humano (por lo tanto, potable) y se utiliza para usos sanitarios (como pueden ser duchas o baños) y para otros usos de limpieza (como puede ser el fregado de platos o el fregado de suelos). Destacar que la preparación de ACS requiere bastante cantidad de energía.

La climatización se divide en tres partes: la ventilación, la calefacción (climatización de invierno) y la refrigeración (climatización de verano). En inglés, el concepto climatización equivale a las siglas *HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning)*. La normativa española define la climatización como el hecho de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y presión necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas. En el caso de los campings, la climatización puede ser necesaria para recintos cerrados como por ejemplo apartamentos, *bungalows*, salas de ocio, gimnasios o restaurantes.

Por último, la energía es necesaria para hacer funcionar el resto de aparatos eléctricos que pueda disponer el camping como por ejemplo para el alumbrado. El suministro de energía eléctrica es un pilar clave para la correcta iluminación del camping. La energía proporcionará luz en las horas de menos sol o de noche. Además, la energía también nos permitirá utilizar otros aparatos eléctricos como pueden ser televisores o radio.

## 5.3. Estudio de mercado del consumo energético

El consumo energético en campings es menor en comparación con otros tipos de alojamientos turísticos como pueden ser hoteles. Los datos recogidos en el 2009 de 99 campings alemanes de la red *Ecocamping* indican que el consumo de energía total promedio es de 8,1 kWh por noche de huésped y el consumo de electricidad promedio es de 3,1 kWh por noche de huésped. Esto equivale a aproximadamente un 20% menos de consumo que en hoteles de rango medio [5]. Se cree que en algunos casos se puede llegar a reducir aún más el consumo energético.

### 5.3.1. Obtención de ACS y climatización

En términos de la obtención de ACS y la climatización, a continuación se exponen las principales fuentes de energía actualmente utilizadas (Tabla 1).

Obtención de ACS y climatización		
Electricidad de la red	Gasoil	Caldera de biomasa
Gas natural	Calefacción urbana de la red	Colector solar
Gas licuado del petróleo	Bomba de calor	Panel solar de tubos de vacío

Tabla 1. Fuentes de energía utilizadas para obtener ACS y climatización.

El gas natural es una mezcla natural de hidrocarburos constituida principalmente por metano. Sirve principalmente para calentar (permite disponer de agua caliente, calefacción y cocina). La gran ventaja del gas natural es que es un combustible relativamente barato, limpio, seguro y cómodo. Además tiene un alto poder calorífico. No obstante, como todos los combustibles fósiles, el gas natural no es una fuente de energía renovable y además es contaminante ya que produce gases de efecto invernadero. Para el caso de la obtención de ACS, existen los calentadores de gas. Estos calentadores consisten en un quemador de gas que se encarga de calentar el agua. La ventaja de estos dispositivos es que el agua caliente no se agota, en el sentido de que los grifos suministran agua caliente de forma continua, sin cortes. Asimismo, el calentador de gas permite la calefacción de viviendas. Destacar que el transporte de gas natural a las viviendas no es fácil ya que se distribuye a través de tuberías. Decir también que el gas natural es un recurso demasiado valioso para generar electricidad. Si se desea generar electricidad es mucho mejor hacerlo mediante energías renovables.

La electricidad es más fácil de transportar y distribuir ya que se hace mediante cables. Para obtener ACS mediante el uso de electricidad, existen los termos eléctricos. Estos termos calientan el agua fría a través de una resistencia eléctrica instalada en el interior del depósito. Los termos eléctricos funcionan por acumulación de agua, por lo que una vez se agote el agua calentada dentro del depósito habrá que esperar para volver a obtener agua caliente. Esta es la principal desventaja respecto a los calentadores de agua que usan gas natural. Por lo contrario, la ventaja que presentan los termos eléctricos es que no necesitan una instalación de gas para funcionar. Para la calefacción de viviendas se puede hacer uso de los mismos termos, aunque también existen otros dispositivos como los calefactores eléctricos. En términos de electricidad, es importante

remarcar que además de calentar, permite la iluminación y también hace funcionar otros aparatos eléctricos. Destacar también que permite la accesibilidad a lugares alejados como pueden ser campings. La electricidad puede obtenerse mediante energías renovables no contaminantes y respetuosas con el medio ambiente. Si no se obtiene de esta manera y se obtiene a base de quemar combustibles fósiles, la producción de electricidad también puede generar gases de efecto invernadero.

El gas licuado del petróleo (GLP en español y LPG en inglés) es la mezcla inflamable de gases licuados de hidrocarburos y son usados como combustible en equipos de calefacción, cocina y vehículos. También son denominados simplemente como propano y butano líquido. En los campings, un caso habitual de uso de GLP es el de bombonas de *Campingaz*. Esta conocida marca comercializa bombonas de GLP que contienen una mezcla comprimida de butano y propano que funcionan como combustible para el uso de diferentes aparatos. Entre estos aparatos destacan las cocinas de *Campingaz*, las lámparas de *Campingaz* y los calentadores de *Campingaz* entre muchos más. Otro caso habitual de uso de GLP en campings es el de la bombona de butano. Estas bombonas de gas butano licuado sirven también para calefacción, cocina y obtención de ACS. La principal diferencia entre las bombonas de *Campingaz* y las de butano convencionales es que las de *Campingaz* pueden trabajar en temperaturas bajo cero mientras que las de butano no pueden. Esto se debe a que el propano deja de gasificar (evaporación del gas licuado necesaria para su uso a medida que se consume) a los  $-40^{\circ}\text{C}$  mientras que el butano lo hace a partir de los  $5^{\circ}\text{C}$ , aproximadamente. Las bombonas se pueden diferenciar por el color, las de *Campingaz* son azules y las de butano naranjas.

El gasoil, también denominado gasóleo o diésel, es un hidrocarburo líquido compuesto por parafinas. Se utiliza como combustible en calderas de gasoil para obtener calefacción y ACS, además de en motores diésel. Las calderas de gasoil suelen destinarse a aquellos lugares más apartados dónde resulta muy complicado hacer llegar otros combustibles como el gas natural. Dicho sistema de calefacción necesita un depósito propio para su funcionamiento.

En la calefacción urbana o telecalefacción se produce el calor en una central y se distribuye por una red urbana (como también se hace con el gas, el agua y la electricidad). Para obtener calor mediante calefacción urbana se necesita toda una red de tuberías de calefacción bajo tierra. La ventaja es que los sistemas productores de calor de gran tamaño tienen rendimientos altos. No obstante, en el caso de campings de montaña esto resulta prácticamente inviable, aunque se podría considerar si se diera el caso de tener una central generadora de calor o una población cerca.

La bomba de calor es una máquina térmica que calienta un recinto a la temperatura deseada. También puede trabajar a la inversa, de forma que enfría el recinto a la temperatura deseada (en este caso, se denomina máquina frigorífica). La bomba de calor también puede producir ACS de forma sencilla, económica y respetuosa con el medio ambiente. Esta máquina térmica toma la energía del entorno natural (del aire, del agua o de la tierra) y la transporta al interior de los recintos, calentándolos. Hay que destacar su

alta eficiencia ya que puede captar energía de fuentes naturales y gratuitas. Por ejemplo, una bomba de calor aerotérmica (que extrae la energía del aire) entrega 4 kW de energía de calefacción por cada kW consumido de electricidad, captando los 3 kW restantes del aire ambiente de manera gratuita. También existen otros tipos de bombas de calor dependiendo del recurso natural que se haya utilizado para extraer la energía. Si se extrae del agua se denominan bombas de calor hidrotérmicas y si se extrae de la tierra se denominan bombas de calor geotérmicas.

Las calderas de biomasa utilizan combustibles naturales como los pellets o astillas de madera (*wood pellet* y *wood chip*, en inglés, respectivamente) para generar calefacción y ACS. Su funcionamiento es similar al del resto de calderas. Como ventaja tiene que el precio de la biomasa no depende de mercados internacionales como los combustibles fósiles, por lo que su precio es más estable en el tiempo y es también más bajo comprando a granel. Además, es una tecnología segura y avanzada que requiere un mantenimiento sencillo. La energía es limpia y renovable (ya que proviene de un combustible natural que se regenera). No obstante, dichos combustibles presentan un menor poder calorífico que los combustibles fósiles (por ejemplo, un kilogramo de pellet tiene aproximadamente la mitad de poder calorífico que un litro de gasoil). También hay que destacar que las calderas de biomasa necesitan un gran espacio de almacenaje para el biocombustible. Esto supondría un problema en el caso de viviendas pero en principio no sería un problema en el caso de campings ya que se dispone de mayor espacio.

Un colector o captador solar es un panel solar que recoge la energía procedente del sol para elevar la temperatura de un fluido con el objetivo de aprovechar este cierto nivel térmico del fluido para calentar. La fuente es renovable y respetuosa con el medio ambiente. Existen dos grupos de colectores solares: los colectores de baja temperatura y los colectores de alta temperatura. Los colectores de baja temperatura son utilizados para sistemas de calefacción, producción de ACS y climatización de piscinas. Estos colectores, también denominados paneles solares térmicos, consisten en una superficie plana por la que discurre una tubería de agua que se calienta gracias a la radiación absorbida procedente del sol. En cambio, los colectores de alta temperatura son utilizados para generar energía eléctrica. En este caso, el fluido se calienta a alta temperatura mediante espejos para producir vapor que mueve una turbina y genera energía eléctrica.

Un panel solar de tubos de vacío es un tipo especial de colector solar. Están formados por colectores lineales alojados en tubos de vidrio al vacío. La principal diferencia respecto a los colectores solares convencionales está en el aislamiento. En los colectores solares planos existen pérdidas por convección, mientras que en los tubos al estar aislados al vacío éstas pérdidas se reducen considerablemente. Esto hecho permite aumentar el rendimiento.

### 5.3.2. Obtención de electricidad

A continuación se procede a exponer las principales opciones que actualmente se utilizan para la obtención de la electricidad propiamente dicha (Tabla 2).

Obtención de electricidad		
Electricidad de la red	Paneles solares fotovoltaicos	Aerogenerador

Tabla 2. Fuentes de energía utilizadas para obtener electricidad.

La red eléctrica suministra electricidad desde los proveedores hasta los consumidores. Los proveedores son plantas generadoras que producen electricidad. Esta electricidad se transporta de las plantas generadoras a los centros de demanda mediante líneas de transmisión (torres y cables de alto voltaje). Finalmente, los transformadores reducen el voltaje para que las líneas de distribución puedan entregar la energía al consumidor final. En los campings es bastante común el consumo de energía eléctrica de la red, aunque es fuertemente recomendable disponer de alguna alternativa (por ejemplo, por si fallara el suministro de la red eléctrica).

Los paneles solares fotovoltaicos se utilizan para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica. Están formados por células fotovoltaicas que convierten la energía lumínica (luz) en energía eléctrica (electricidad). Los paneles solares fotovoltaicos se suelen implementar en zonas donde no llega la red eléctrica. De esta manera se puede producir electricidad en aquellos sitios donde no llegan las líneas de distribución de la red eléctrica o es muy costoso hacerlas llegar. Este tipo de energía es limpia y ecológica. La fuente es renovable y respetuosa con el medio ambiente. El coste de producción de la energía eléctrica es bajo por lo que supone una buena inversión a largo plazo. En adición, este tipo de tecnología también se utiliza para producir electricidad a gran escala (que va a la red).

Un aerogenerador es todo aquel generador eléctrico que convierte la energía cinética del aire en movimiento en energía mecánica rotacional (gracias a una hélice) y la energía mecánica rotacional en energía eléctrica (gracias a un alternador). Este tipo de energía también es limpia y ecológica. La fuente es renovable y respetuosa con el medio ambiente. Existen diferentes tipos de aerogeneradores y pueden trabajar individualmente o agrupados en parques eólicos (en este caso, para producir electricidad a gran escala, que va a la red).

En la Figura 2 se puede observar el diagrama de una red eléctrica europea. En este diagrama se puede diferenciar la red de líneas de transmisión de la red de líneas de distribución. También se puede observar las diferentes centrales generadoras de energía (renovable o no renovable) que pueden suministrar electricidad a la red eléctrica con el

fin de que llegue a complejos urbanísticos, industriales o rurales. En el diagrama, los cables rojos de las torres representan cables de muy alto voltaje, mayormente AC (corriente alterna) aunque también DC (corriente continua), exactamente *HVDC* (del inglés, *High Voltage Direct Current* que significa corriente continua de alta tensión). Los cables amarillos de las torres representan cables de alta tensión. Y finalmente, los cables verdes de las torres representan cables de baja tensión.

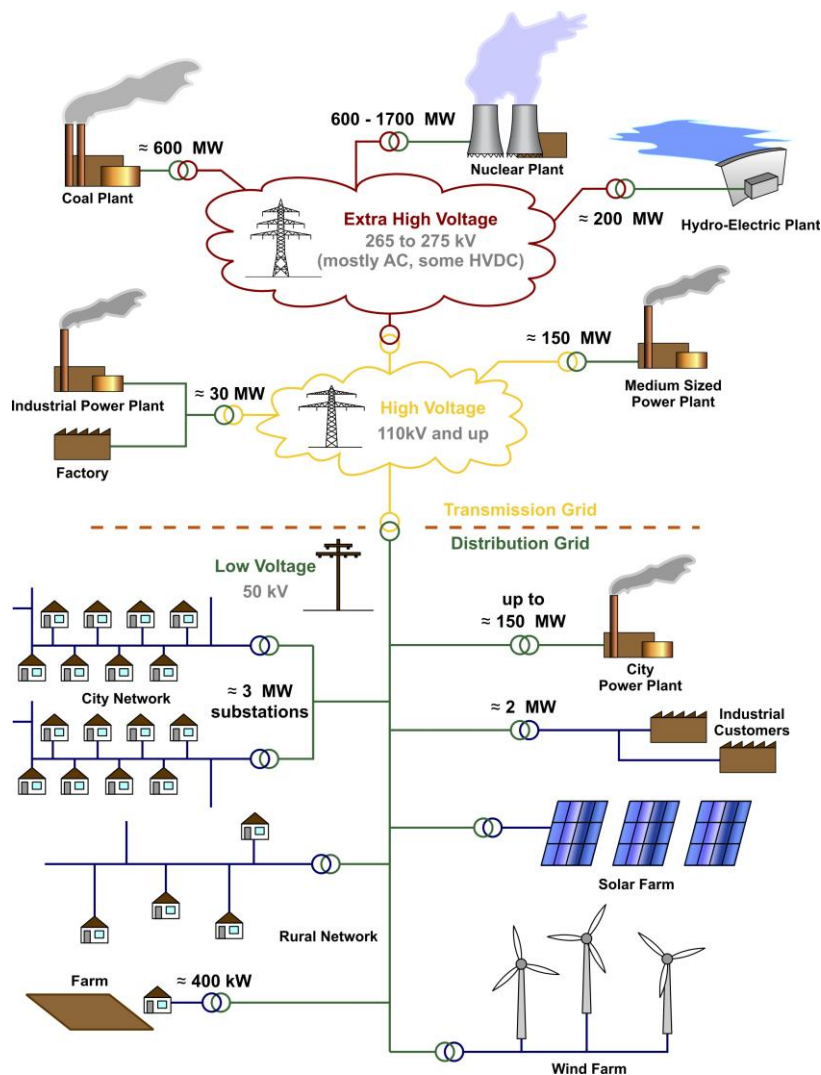


Figura 2. Diagrama de una red eléctrica. Notar la presencia de transformadores, representados como dos anillos entrecruzados [6].

### 5.3.3. Caso particular de campings de montaña de Cataluña

Para corroborar el estudio de mercado y comprobar que se ajusta a la realidad de los campings de montaña de Cataluña, se ha realizado una encuesta aleatoria a varios campings de la zona del Berguedà y de la zona del Ripollès, de los cuales han respondido

seis. Los resultados de las seis encuestas son suficientes para darse cuenta de que el estudio de mercado realizado no se aleja de la realidad actual. La encuesta, que se hizo vía online gracias a la aplicación *Formularios de Google Drive*, se encuentra íntegramente presentada en forma de tabla en los anexos (Anexo A). Destacar que en la encuesta se han realizado preguntas sobre consumo y también sobre demanda para poder relacionar los métodos de obtención de energía de cada camping con su demanda de clientes.

Los resultados de la encuesta se presentan a continuación de forma resumida, generalizada y anónima por petición de algunos de los encuestados (Tabla 3).

Cuestión	Campings pequeños (capacidad ≤ 200 personas)	Campings grandes (capacidad > 200 personas)
Obtención de ACS	Caldera de biomasa y colector solar. Además del gasoil y GLP.	Gasoil y GLP.
Obtención de climatización	Caldera de biomasa y GLP.	GLP, calefactores eléctricos, bomba de calor, máquina frigorífica.
Obtención de la electricidad	Paneles solares fotovoltaicos y electricidad de la red.	Electricidad de la red.

Tabla 3. Resumen de los resultados de la encuesta.

Como conclusión se puede decir que los campings más pequeños y/o aislados tienden a obtener los distintos recursos energéticos con sistemas alternativos y más respetuosos con el medio ambiente mientras que los campings más grandes optan por obtener la energía mediante sistemas más tradicionales que les dan una mayor garantía para satisfacer la alta demanda que tienen (importando menos el coste y más la satisfacción de la demanda).



## 6. Situación actual del camping objeto de estudio

El camping objeto de estudio es el Camping Repòs del Pedraforca, situado en Ctra. B-400 km 13,5 08697 Saldes, comarca del Berguedà, provincia de Barcelona, Cataluña (ver Figura 3).



Figura 3. Localización del Camping Repòs del Pedraforca sobre el mapa de Europa [7].

La peculiaridad geográfica del camping es que se encuentra cerca de una de las montañas más emblemáticas de Cataluña, el Pedraforca. Dicha montaña se encuentra situada al noroeste de la comarca del Berguedà, es decir, en el Prepirineo. Por lo tanto, el Camping Repòs del Pedraforca (Figura 4) es un buen ejemplo de camping de montaña de Cataluña.



Figura 4. Vista del Pedraforca desde el camping [7].



## 6.1. Descripción general del camping

Se puede considerar un camping grande puesto que tiene una extensión de aproximadamente 8,5 hectáreas (que equivale a 85000 m<sup>2</sup>) y una capacidad aproximada de 800 personas (es decir, personas que como máximo pueden estar alojadas al mismo tiempo en el camping).

El camping tiene servicio de alquiler de *bungalows* y de parcelas. En cuanto a *bungalows* se refiere, el camping dispone de varios modelos para todo tipo de clientes y familias. Destacar que también dispone de casas tipo refugio, cabañas de madera y tiendas de campaña de lona equipadas para el alojamiento de familias, ajustándose así a diferentes tipos de demanda. Por lo que respecta a las parcelas de alquiler para aquellos clientes que quieran ir con sus propias caravanas, autocaravanas o tiendas de campaña, el camping dispone de parcelas de entre 70 y 110 m<sup>2</sup>, incluyendo también diferentes tarifas de precios según la demanda del cliente. Además de las distintas parcelas y *bungalows*, el camping dispone de las siguientes instalaciones y servicios: restaurante, bar, piscina (cubierta y descubierta), sauna, jacuzzi, gimnasio, parque infantil, lavabos, duchas, salas para lavar los platos, campo de fútbol, salas lúdicas y otras instalaciones.

Respecto a la distribución del camping, este se encuentra dividido en dos por la carretera B-400, que va hacia Maçaners en sentido este y hacia Saldes en sentido oeste. En los anexos se puede encontrar un plano del camping con la distribución de las parcelas, *bungalows* y otras instalaciones que dispone (Anexo B).

Por lo tanto, el camping queda dividido en dos. Aunque son el mismo camping, podemos decir que son independientes el uno del otro ya que cada uno utiliza sus propias instalaciones. Por esta razón, es importante diferenciar cada una de las dos partes del camping para después estudiar el consumo de cada una por separado (pudiéndose sumar al final para obtener datos generales del camping). **Se define la parte superior como la parte norte y la parte inferior como la parte sur** (Figura 5). La parte sur es la más grande por lo que se refiere a capacidad y número de infraestructuras, por lo tanto es la que tendrá mayor consumo.



Figura 5. Mapa donde se pueden diferenciar las dos partes del camping [8].

Destacar la presencia cercana de dos torrentes de agua que provienen del río de Saldes. El más próximo al camping, el torrente de Cal Lluc, es el que se encuentra al oeste del camping y el otro torrente, el torrente de Molers, se encuentra al este del camping bastante más alejado.

En cuanto a datos de demanda, decir que la temporada alta del camping va de mediados de julio a mediados de agosto, siendo la ocupación de aproximadamente 800 personas/día. Por lo tanto, la ocupación del camping en temporada alta es del 100%, ya que la ocupación es igual que la capacidad máxima. La temporada baja se puede decir que iría desde mediados de diciembre a mediados de enero, siendo la ocupación de aproximadamente 160 personas/día. Por lo tanto, la ocupación del camping en temporada baja es del 20%. El resto de meses del año, se estima una ocupación de alrededor del 30%. En estos meses la demanda es casi constante y aproximadamente de 240 personas/día (exceptuando picos como la Semana Santa o aumentos de demanda en la proximidad del verano). Con todos estos datos se obtiene una demanda media de 280 personas/día a lo largo de todo el año. Por último, destacar que el camping no cierra ningún mes del año.

## 6.2. Gestión actual sobre el consumo de los recursos

A continuación se procede a explicar la gestión sobre el consumo de los distintos recursos que actualmente se realiza en el camping. Se explicará el consumo de agua, el consumo de suelo y finalmente el consumo energético, donde se hará mayor énfasis en el siguiente apartado del capítulo puesto que es el tema central del proyecto y da mucho de sí.

### 6.2.1. Consumo de agua

El consumo anual de agua de la parte sur es de 7.500 m<sup>3</sup>/año (que equivale a 7.500.000 litros/año) y el de la parte norte es de 1.500 m<sup>3</sup>/año (que equivale a 1.500.000 litros/año), lo que suma un total de 9.000 m<sup>3</sup>/año (que equivale a 9.000.000 litros/año). Por lo tanto, se puede decir que el camping tiene un consumo diario de agua aproximado de 25.000 litros/día. Teniendo el camping una demanda media de 280 personas/día, resulta que cada persona del camping consume de manera aproximada unos 90 litros de agua al día para beber, cocinar, higiene, limpieza, riego y demás usos del agua.

### 6.2.2. Consumo de suelo

Como se ha comentado anteriormente, el camping tiene una extensión de 8,5 hectáreas (85000 m<sup>2</sup>). Por lo tanto consume una superficie de suelo igual a dicha extensión por la presencia de caravanas, tiendas de campaña, *bungalows*, etc.

### 6.2.3. Consumo energético

Para obtener ACS y climatización el camping utiliza las siguientes fuentes de energía: GLP y gasoil.

Para obtener la electricidad el camping opta por cogerla de la red, ya que al tratarse de un camping con poblaciones no muy alejadas tiene esta posibilidad.

Puesto que el presente subapartado da bastante de sí, se desarrollará la explicación en detalle en el siguiente apartado de este capítulo.

## 6.3. Gestión energética actual

En cuanto al consumo energético, se dedicará un subapartado para cada recurso energético utilizado. Para cada recurso energético se detallará el consumo en cada una de las dos partes del camping (y el coste que supone) y se explicará la finalidad de su utilización.

### 6.3.1. Consumo de GLP

Se define el gas licuado del petróleo (GLP) como la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o en el petróleo. Los dos gases principales que componen los gases licuados del petróleo son el gas butano y el propano. Como ya se introdujo en el estudio de mercado realizado anteriormente, estos gases son muy similares aunque el propano se utiliza en ambientes más fríos ya que gasifica mejor a bajas temperaturas. Estos gases son fáciles

de licuar (pasar a líquido) debido a sus características físicas, por lo que son fácilmente transportables ya que son fácilmente almacenados (en bombonas o depósitos). Su comercialización es bastante común por sus buenas propiedades como combustible. Se caracteriza por tener un alto poder calorífico.

En el camping objeto de estudio se consume el denominado GLP propano, caracterizado por contener un 80% de propano y el resto ser butano y una pequeña proporción de otros gases. En el camping se consume un total de 26.200 kg/año de este tipo de GLP, que se reparten en 6.200 kg/año de la parte sur y en 20.000 kg/año de la parte norte. En una primera instancia, puede extrañar que en la parte sur del camping, que es la de mayor consumo, se consuma menos cantidad de GLP, pero es que en la parte norte se utiliza únicamente gas GLP como recurso energético y en la parte sur se utiliza gas GLP además de gasoil, como se verá en el siguiente apartado. Remarcar también que en el camping en general también se utilizan bombonas de butano convencionales de forma muy esporádica y difícil de cuantificar, por lo que no se contabilizan puesto que su coste no es significativo delante del consumo de GLP propano.

Las recargas de GLP se hacen de forma anual, es decir, se recargan los depósitos (de grandes dimensiones) una vez al año y se llenan aproximadamente en su totalidad. Por lo tanto, la compra de GLP se hace a granel. En este tipo de comercialización se tiene un tipo de regulación libre (es decir, cada usuario puede negociar libremente con la compañía autorizada el precio y las condiciones de instalación y suministro siempre y cuando se cumplan las normativas comunes) por lo que el precio puede variar bastante. El precio está entre 1,25 – 2 €/kg aproximadamente [9]. Como por datos obvios de competencia no se ha podido obtener el precio exacto, se tomará como precio la media, es decir, 1,625 €/kg. Por lo que sabiendo que su poder calorífico es de aproximadamente 11.567 kcal/kg (en realidad, 11.082 kcal/kg PCI y 12.052 kcal/kg PCS) [10], se tiene un precio por kWh de 0,12 €/kWh (ver Tabla 4).

<b>Precio (en €/kg)</b>	<b>Poder calorífico (kcal/kg)</b>	<b>Poder calorífico (kWh/kg)</b>	<b>Precio (en €/kWh)</b>
<b>1,625</b>	11.567	13,45	<b>0,12</b>

Tabla 4. Precio del GLP propano en €/kg y en €/kWh. Importante recordar la siguiente equivalencia: 1 kWh = 860 kcal.

Una vez cuantificados los datos de consumo y demanda, se puede obtener el consumo de GLP propano por noche de huésped (en kWh/noche de huésped). Estos datos son muy orientativos puesto que no se han obtenido los datos de consumo mensual sino los de consumo anual, es decir, no se han podido obtener los picos de consumo. La demanda de clientes anual se define como la totalidad de las noches que los clientes pasan al año en el camping (en noches de huésped/año). Se entiende que un cliente equivale a una noche de hospedaje, ya que se cobra por noche que se pasa en el camping. De esta manera se tiene que aproximadamente se pasan 100.800 noches de huésped/año (es decir, 280 noches de huésped/día, que equivale a los 280 clientes/día). Los resultados finales se muestran en la Tabla 5.

Poder calorífico (kWh/kg)	Consumo (en kg/año)	Consumo (en kWh/año)	Demanda clientes (noches de huésped/año)	Consumo (en kWh/noche de huésped)
13,45	26.200	352.390	100.800	<b>3,50</b>

Tabla 5. Obtención del consumo de GLP expresado en kWh/noche de huésped.

Los datos de coste se pueden obtener fácilmente multiplicando el consumo en kilogramos por el precio en €/kg. La siguiente tabla muestra un desglose del coste que supone el consumo de GLP propano anualmente (Tabla 6).

Tabla de costes anuales	Parte sur	Parte norte	<b>TOTAL</b>
Consumo (en kg/año)	6.200	20.000	<b>26.200</b>
Coste (en €/año)	10.075	32.500	<b>42.575</b>

Tabla 6. Tabla de costes anuales (precios después de impuestos, IVA incluido).

Destacar que el consumo de GLP en el camping va destinado a la obtención de ACS, calefacción y uso de cocinas. El GLP se usa como combustible, es decir, se quema para generar calor. Esta calor se aprovecha para calentar el agua (obtención de ACS), para calentar recintos cerrados (calefacción) o para cocinar. Para obtener ACS se utilizan

calentadores de agua de gas GLP propano. Para obtener calefacción se utilizan calderas de GLP propano. Finalmente, para cocinar se utilizan cocinas de GLP propano.

Si se compara el precio por kWh del propano a granel (0,12 €/kWh) con el del gas natural (0,05 €/kWh, aproximadamente) se puede comprobar que el gas natural resulta más económico, pero es de entender que se use propano en lugar de gas natural porque el camping se encuentra suficientemente alejado de las poblaciones con gas natural como para resultar demasiado costoso hacer llegar canalizaciones y tuberías al camping. Recordar que el gas natural necesita toda una red de canalización mientras que el propano se puede suministrar rellenando depósitos. En resumen, a pesar de ser el gas natural más barato, el propano resulta una opción para sustituirlo en estos casos.

Por último, destacar que el GLP es un recurso energético no renovable ya que deriva de los combustibles fósiles, que se encuentran en cantidades limitadas en nuestro planeta. Por lo tanto, es un recurso que se agotará con el paso del tiempo.

### **6.3.2. Consumo de gasoil**

El gasoil (también denominado gasóleo o diésel) es un derivado del petróleo compuesto por hidrocarburos y se utiliza como combustible. Es importante distinguir los tres tipos de gasoil: gasoil A, gasoil B y gasoil C. El gasoil A es el de más calidad y se utiliza para vehículos de automoción. El gasoil B es el de calidad intermedia y se utiliza para maquinaria agrícola, pesquera, embarcaciones y otros vehículos autorizados. Por último, el gasoil C es el más barato de los tres y se utiliza para generar calor ya que contiene muchas impurezas y posee un elevado poder calorífico por lo que está destinado a usarse en calderas de calefacción u otros equipos de producción de calor. Por lo tanto, queda claro que el gasoil utilizado en el camping es el de tipo C. Entre las propiedades del gasoil tipo C también están su alto rendimiento en la combustión, sus excelentes propiedades anticorrosivas y su buen comportamiento en climas fríos.

En el camping objeto de estudio se consume un total de 25.000 kg/año de gasoil (tipo C). Todo el gasoil se consume en la parte sur. Por lo tanto, solo hay depósitos y equipos de producción de calor en la parte sur del camping. Como se comentó anteriormente, el gasoil en la parte sur se combina con el consumo de GLP ya que es la parte de mayor consumo e interesa tener varios recursos energéticos disponibles por si fallara alguno. Sabiendo que este tipo de gasoil tiene una densidad aproximada de 900 kg/m<sup>3</sup> y que un metro cúbico equivale a 1000 litros, el consumo de 25.000 kg/año se traduce en 27.778 L/año de gasoil.

Al igual que con el GLP, las recargas de gasoil en los depósitos se hacen anualmente. El precio del gasoil para calefacción en España esta alrededor de los 0,85 €/L (precio después de impuestos) aunque puede variar bastante dependiendo del país, de la región y de la situación del mercado. Sabiendo que este tipo de gasoil tiene una densidad aproximada de 900 kg/m<sup>3</sup> y que un metro cúbico equivale a 1000 litros, se tiene un precio de 0,95 €/kg. El poder calorífico del gasoil varía en función de su composición exacta pero se puede decir que es de aproximadamente 10 kWh/L (en realidad, 9,98 kWh/L PCI y 10,18 kWh/L PCS) [11]. Haciendo cálculos se obtiene que el precio del kWh es de 0,085 €/kWh. En la Tabla 7 se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Precio (en €/L)	Poder calorífico (en kWh/L)	Precio (en €/kWh)
<b>0,85</b>	10	<b>0,085</b>

Tabla 7. Precio del gasoil de calefacción en €/L y en €/kWh.

El consumo de gasoil en kWh/noche de huésped se puede obtener de forma análoga al consumo de GLP, sabiendo que se pasan 100.800 noches de huésped/año (es decir, 280 noches de huésped/día, que equivale a los 280 clientes/día). La Tabla 8 muestra los resultados.

Poder calorífico (kWh/L)	Consumo (en L/año)	Consumo (en kWh/año)	Demanda clientes (noches de huésped/año)	Consumo (en kWh/noche de huésped)
10	27.778	277.780	100.800	<b>2,76</b>

Tabla 8. Obtención del consumo de gasoil expresado en kWh/noche de huésped.

Los datos de coste se pueden obtener fácilmente multiplicando el consumo en litros por el precio en €/L (o el consumo en kg por el precio en €/kg, da lo mismo). La siguiente tabla muestra el coste que supone el consumo de gasoil anualmente (Tabla 9).

Tabla de costes anuales	Parte sur	Parte norte	<b>TOTAL</b>
Consumo (en L/año)	27.778	0	<b>27.778</b>
Coste (en €/año)	23.611	0	<b>23.611</b>

Tabla 9. Tabla de costes anuales (precios después de impuestos, IVA incluido).

El consumo de gasoil en el camping va destinado a la obtención de ACS y calefacción. Como ya se ha comentado, el gasoil se usa como combustible, es decir, se quema para generar calor. Esta calor se aprovecha para calentar el agua (obtención de ACS) y para calentar recintos cerrados (calefacción). Para obtener ACS se utilizan calentadores de agua de gasoil y para obtener calefacción se utilizan calderas de gasoil propias para calefacción.

De la misma manera que con el gas propano, el gasoil resulta una opción para sustituir el gas natural cuando el gas natural no puede hacerse llegar al camping o resulta demasiado costoso.

Desde un puesto de vista energético, se puede observar que el gasoil de calefacción es menos eficiente que el GLP propano, ya que dicho gasoil presenta un poder calorífico de 10 kWh/L (que equivale a 11,12 kWh/kg) mientras que el GLP propano tiene un poder calorífico de 13,45 kWh/kg. Es decir, el GLP propano es más eficiente porque tiene mayor poder calorífico. Por lo tanto, es razonable que en el camping se invierta más en GLP propano que en gasoil, aunque es importante siempre mantener el gasoil por si entre otras cosas pudiera fallar algo en el proceso de suministro de GLP propano.

Por último, destacar que el gasoil también es un recurso energético no renovable ya que deriva de los combustibles fósiles, que se encuentran en cantidades limitadas en nuestro planeta. Por lo tanto, es un recurso que se agotará con el paso del tiempo.

### 6.3.3. Consumo de electricidad

Toda la electricidad que se consume en el camping proviene de la red eléctrica. Existe una excepción y es los lavabos del camping, donde una parte de la electricidad proviene de la red y otra parte proviene de paneles solares instalados en el tejado de los lavabos. Como ya se comentó anteriormente, la implementación de ciertos paneles solares en los lavabos es obligatoria por ley. Los datos obtenidos del consumo de la red eléctrica se presentan a continuación. Remarcar que aunque no se han podido obtener los datos de consumo de la parte de electricidad de los lavabos que proviene de los paneles solares, no es relevante para este primer estudio puesto que su magnitud es insignificante delante del resto de



consumo del camping, que es mucho más grande.

El consumo de de la red eléctrica de la parte norte es de 98.906 kWh/año (datos del año 2018). En el Anexo C se puede ver el gráfico del consumo de cada mes y se pueden apreciar los picos de consumo de la temporada alta y del periodo de vacaciones de semana santa (el gráfico se ha puesto en los anexos para su mejor visualización).

El consumo de la red eléctrica de la parte sur es de 271.242 kWh/año (datos del año 2018). En el Anexo C también se puede ver el gráfico del consumo por meses y se pueden apreciar los picos de consumo de la temporada alta y del periodo de vacaciones de semana santa (el gráfico se ha puesto en los anexos para su mejor visualización).

Por lo tanto, en total se tiene un consumo de 370.148 kWh/año en todo el camping. Para saber el consumo en kWh/noche de huésped tan solo se ha de dividir el consumo total anual por la demanda de clientes anual. Los resultados se muestran en la Tabla 10.

<b>Consumo (en kWh/año)</b>	<b>Demanda clientes (noches de huésped/año)</b>	<b>Consumo (kWh/noche de huésped)</b>
<b>370.148</b>	100.800	<b>3,67</b>

Tabla 10. Obtención del consumo eléctrico expresado en kWh/noche de huésped.

El precio de la electricidad para el sector de los campings puede variar bastante a lo largo de los meses del año (como en el caso de viviendas), aunque en el caso concreto del camping objeto de estudio se ha mantenido en general bastante estable alrededor de los 0,08 €/kWh durante el año 2018. En el Anexo C se muestra el gráfico evolutivo del precio de la energía eléctrica, que se ha realizado a partir de los datos de las facturas facilitadas por el camping de prácticamente todo el 2017 y 2018. Para hacer el cálculo del coste anual se ha de realizar antes el cálculo del coste mensual y sumarlo ya que, como se ha comentado, el coste del kWh varia de un mes a otro y la factura del consumo eléctrica es mensual (no como en el caso del consumo de GLP y gasoil, que era anual ya que se recargaba una vez al año). En la Tabla 11 se puede ver el desglose del coste por meses de todo el 2018, tanto de la parte norte como de la parte sur y el total. En la tabla se especifica el coste del consumo (resultado de multiplicar el precio en €/kWh por el consumo total en kWh del respectivo mes) y el coste final (coste después de sumarle impuestos, el término de potencia, la reactiva y el alquiler de los equipos de medida instalados por la empresa suministradora).

Mes	Precio (€/kWh)	Consumo parte norte (kWh)	Consumo parte sur (kWh)	CONSUMO TOTAL (kWh)	Coste del consumo (€)	<b>COSTE FINAL (€)</b>
Enero	0,0793	7.176	24.373	31.549	2.501,83	<b>4.480,46</b>
Febrero	0,0794	9.817	25.250	35.067	2.784,32	<b>4.986,36</b>
Marzo	0,0792	10.724	27.797	38.521	3.050,86	<b>5.463,71</b>
Abril	0,0779	7.527	20.715	28.242	2.200,05	<b>3.940,01</b>
Mayo	0,0784	6.616	18.306	24.922	1.953,88	<b>3.499,15</b>
Junio	0,0792	6.775	17.767	24.542	1.943,72	<b>3.480,96</b>
Julio	0,0798	8.107	24.692	32.799	2.617,36	<b>4.687,36</b>
Agosto	0,0803	10.528	29.843	40.371	3.241,79	<b>5.805,64</b>
Septiembre	0,0794	8.419	22.842	31.261	2.482,12	<b>4.445,16</b>
Octubre	0,0788	8.107	22.165	30.272	2.385,43	<b>4.272,00</b>
Noviembre	0,0795	8.884	24.039	32.923	2.617,38	<b>4.687,40</b>
Diciembre	0,0800	6.226	13.453	19.679	1.574,32	<b>2.819,41</b>

Tabla 11. Desglose del coste de la electricidad por meses de todo el 2018.

Sumando el coste final de todos los meses del año 2018 se tiene un **coste anual de la electricidad de 52.567,62 €/año**.

A continuación se explican los diferentes conceptos que intervienen en la factura y hacen incrementarla obteniendo el coste final del mes. El término de potencia es el precio que el usuario paga por la potencia contratada y que refleja la parte fija que se tiene que pagar aunque no se produzca ningún consumo. La parte reactiva de la potencia, que supone un precio muy pequeño en comparación con la potencia activa, es aquella que sirve para hacer funcionar maquinaria concreta de tipo industrial como por ejemplo bombas, máquinas con bobinas, fluorescentes, etc. Su coste es muy pequeño e incluso nulo muchos

meses. Decir también que el camping tiene instalado unos servicios de equipo de medida por parte de la empresa suministradora de electricidad que suponen también un gasto fijo cada mes, aunque es pequeño. Por último, destacar que los impuestos que aparecen en la factura eléctrica son el impuesto eléctrico y el IVA. El impuesto eléctrico es un impuesto a la fabricación de la electricidad que tiene como objetivo procurar que el consumo sea el adecuado por parte de las personas y cuidar los recursos limitados por la naturaleza.

El consumo de electricidad en el camping va destinado a la climatización y al uso de sistemas eléctricos. En cuanto a climatización, el camping utiliza calefactores eléctricos y bombas de calor para la calefacción (climatización de invierno) y máquinas frigoríficas para la refrigeración (climatización de verano). En cuanto al uso de sistemas eléctricos destaca el sistema de iluminación de todo el camping que funciona gracias al suministro eléctrico.

Por último, comentar que en un camping cualquiera se podría utilizar solamente energía eléctrica para obtener ACS, climatización y hacer funcionar el resto de sistemas eléctricos si se dispusiera de los sistemas necesarios para conseguirlo. Pero no se hace así principalmente porque es importante tener segundas opciones (como el GLP y el gasoil, por ejemplo) por si hubiera problemas en la red de suministro eléctrico (y en el caso de campings de montaña aún hay que tenerlo más en cuenta puesto que en invierno pueden llegar a haber temperaturas bajo cero y sería un problema muy grave quedarse sin ningún tipo de energía).

#### 6.3.4. Consumo total

Resumiendo lo que supone el consumo de GLP, gasoil y electricidad. Se pueden sacar las siguientes conclusiones.

- **Consumo total de 9,93 kWh/noche de huésped.** Si se compara con el obtenido en el estudio de mercado para el caso de campings con gestión sostenible y ecológica (8,1 kWh/noche de huésped) se puede observar que se parece bastante, aunque hay margen de mejora. Sería conveniente bajar esta demanda de consumo, aunque no solo depende de la solución propuesta de mejora, sino que también de la concienciación de los propios clientes y/o del camping.
- **Coste total de 118.753 €/año.** Sería conveniente bajar este coste por tal de aumentar los beneficios del camping. Si en la solución propuesta no fuera posible conseguirlo, sería importante al menos conseguir que la demanda de consumo que se satisface (al mismo o ligeramente mayor coste) provenga de energías renovables y respetuosas con el medio ambiente, consiguiendo así una idónea

gestión energética en el camping. En este hipotético caso, después de presentar la solución propuesta, ya dependería del propio camping si decantarse por la gestión sostenible aunque más costosa o si decantarse por la gestión no tan sostenible aunque más económica.

## 7. Propuesta de mejora

Para elegir la propuesta de mejora más adecuada se realizará un análisis de alternativas para valorar las distintas opciones que puede haber. Acto seguido, se escogerá la propuesta que mejor soluciona el problema según los criterios previamente establecidos.

### 7.1. Análisis de alternativas

Del estudio de mercado realizado anteriormente se puede concluir que las posibles alternativas son las siguientes: electricidad de la red, gas natural, GLP, gasoil, calefacción urbana de la red, bomba de calor, caldera de biomasa, colector solar, panel solar de tubos de vacío, panel solar fotovoltaico y aerogenerador.

No todas las alternativas presentadas se pueden implementar ya que al tratarse de un camping y no de una vivienda existe una cierta limitación en cuanto a la distribución de la energía y la red de suministro. Por lo tanto quedan descartadas las alternativas de gas natural y calefacción urbana de la red por la imposibilidad o alta dificultad de implementarse (estas alternativas están pensadas para viviendas en grandes poblaciones o ciudades y no para campings de montaña).

También es importante remarcar que no todas las alternativas sirven para producir todo tipo de energía. Es decir, algunas sirven para producir ACS, otras para producir climatización (de invierno y/o de verano) y otras sirven para producir electricidad.

Por lo tanto, dicho esto, las alternativas que se considerarán en el análisis de alternativas para la obtención de ACS y climatización son las siguientes: electricidad de la red, GLP, gasoil, bomba de calor, caldera de biomasa, colector solar y panel solar de tubos de vacío. Y las alternativas que se considerarán en el análisis de alternativas para la obtención de electricidad son: electricidad de la red, panel solar fotovoltaico y aerogenerador.

En un primer lugar, es importante estudiar las emisiones de CO<sub>2</sub> que supone la producción de un kWh de calor o electricidad útil de las diferentes alternativas. La presencia de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera provoca la retención del calor en el planeta y eleva considerablemente la temperatura (efecto invernadero). La presencia excesiva de estos gases en la atmósfera provoca el calentamiento global que tiene impactos muy graves sobre el planeta. Los GEI se pueden emitir en la producción de energía de ciertas fuentes de energía.

En la Figura 6 se pueden ver la emisiones de CO<sub>2</sub> (uno de los principales GEI) que surgen de la producción de un kWh de calor o electricidad útil de las diferentes alternativas.

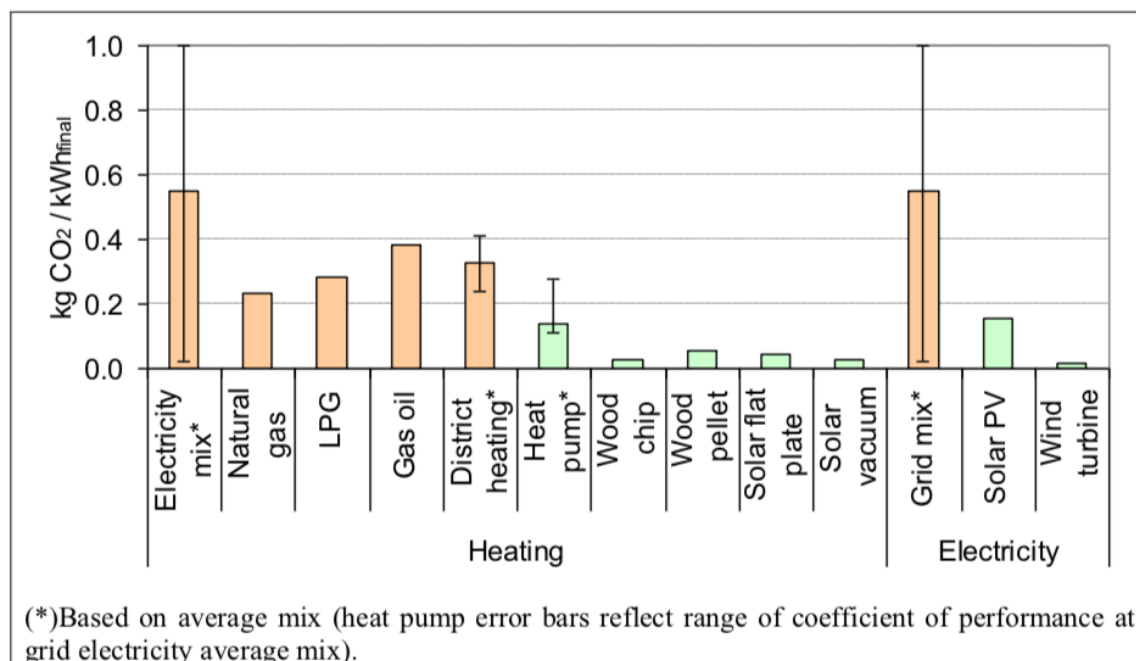


Figura 6. Emisiones de CO<sub>2</sub> (en kg) por cada kWh final de las diferentes opciones para producir calor (ACS y climatización) y electricidad [5].

Como se puede observar en la Figura 6, las fuentes menos contaminantes por lo que a las emisiones de GEI se refiere son el uso de bombas de calor, quema de madera (calderas de biomasa cuyo combustible es madera), colectores solares y paneles solares de tubos de vacío para la obtención de ACS y climatización, y los paneles solares fotovoltaicos y aerogeneradores para la obtención de electricidad.

Hay que destacar que existe una gran variabilidad en el caso de la electricidad de la red debido a que depende del método de obtención de dicha electricidad (*Electricity mix* y *Grid mix*). Ocurre lo mismo en la red de calefacción urbana (*District heating*). También existe cierta variabilidad, aunque bastante menor, en el caso de las bombas de calor ya que depende de la eficiencia de esta. No obstante, las bombas de calor siempre logran ahorros considerables en comparación con la calefacción eléctrica directa y, en general, también emiten menos GEI en comparación con la calefacción a gas y petróleo. Por último, destacar que las emisiones de GEI que se producen para generar calor mediante la quema de biomasa (como puede ser la madera) en las calderas de biomasa dependen del tipo de combustible (en el caso de ser madera, depende del tipo de madera y de su procesamiento).

También es muy importante diferenciar las alternativas cuya fuente de energía es renovable de las que no lo son. Por ejemplo, es importante tener en cuenta que las alternativas que se basan en el consumo de derivados del petróleo (como es el caso de GLP y gasoil) están consumiendo al fin y al cabo recursos no renovables. Estos recursos están limitados en el planeta y se agotarán con el paso del tiempo, por lo que las generaciones futuras no dispondrán de estos recursos o no de forma tan abundante. Sería importante que la alternativa escogida como solución funcionara a base de recursos renovables (como es el caso del sol, el viento o la biomasa). De esta forma, se conseguiría una solución más respetuosa con el medio ambiente y con las generaciones futuras.

Para escoger finalmente la alternativa más adecuada se procede a establecer unos criterios de selección y se realiza un análisis multicriterio.

### **Análisis multicriterio**

El análisis multicriterio es un método que selecciona los aspectos más importantes del proyecto (puntos fuertes y puntos débiles) para cada alternativa, los prioriza asignando un peso diferente a cada criterio de evaluación considerado y obtiene finalmente una puntuación para cada una de las alternativas. Según la puntuación que ha obtenido cada alternativa se decide escoger una u otra.

Considerando que hay dos problemas a solucionar, el de la obtención de ACS y climatización y el de la obtención de electricidad, se realizará un análisis multicriterio para cada problema porque es necesario encontrar una solución para cada problema. No obstante, los criterios y los pesos de los criterios son comunes ya que ambos problemas parten de un problema mayor que es común: la gestión energética sostenible en el camping.

Los criterios se puntúan del 0 al 10, siendo siempre el 0 el peor de los casos y 10 el mejor de los casos. Por lo tanto, la mejor alternativa para un criterio determinado será la que mayor nota saque para ese criterio. Y la alternativa que mayor nota total ponderada saque será la elegida. Destacar que la suma de las ponderaciones de todos los criterios es el 100%.

Los criterios y los pesos de dichos criterios son los siguientes (Tabla 12).

Criterio	Ponderación
<b>1. Renovable o no renovable</b> (el recurso que utiliza la alternativa como combustible o fuente de energía): 0 si no renovable y 10 si renovable.	35%
<b>2. Disponibilidad del recurso</b> que utiliza la alternativa como combustible o fuente de energía: 0 si no hay disponibilidad y 10 si hay total disponibilidad y a lo largo de todo el día.	15%
<b>3. Emisión de GEI a la atmósfera</b> por la producción de energía por parte de la alternativa: 0 si emite GEI en grandes cantidades en la producción de energía y 10 si no emite apenas GEI.	15%
<b>4. Coste de implementación</b> de la alternativa: 0 si la inversión inicial es muy grande y 10 si es muy pequeña.	10%
<b>5. Coste de operación y mantenimiento</b> de la alternativa. El término operación se refiere al tiempo y coste relacionado con encender y apagar el sistema para generar energía y el término mantenimiento se refiere al tiempo y coste necesario para que el sistema siga funcionando bien a lo largo del tiempo: 0 si necesita mucho tiempo y coste de operación y mantenimiento y 10 si no necesita apenas operación ni mantenimiento.	10%
<b>6. Coste del recurso</b> que se utiliza como combustible o materia prima para generar la energía en la alternativa: 0 si el coste del recurso es muy elevado y 10 si no tiene coste.	10%
<b>7. Requerimiento de espacio</b> para la implementación de la alternativa: 0 si requiere mucho espacio y 10 si apenas ocupa espacio.	5%

Tabla 12. Criterios y ponderaciones de los criterios establecidos para el análisis multicriterio. Nótese que la suma de las ponderaciones de todos los criterios es el 100%.



A continuación se realiza el análisis multicriterio para el problema de obtener ACS y climatización en el camping (Tabla 13).

Criterio	Electricidad de la red	GLP	Gasoil	Bomba de calor	<b>Caldera de biomasa</b>	Colector solar	Panel solar tubos vacío
1 (35%)	3	0	0	3	10	10	10
2 (15%)	8	8	8	8	9	7	7
3 (15%)	2	3	3	2	10	10	10
4 (10%)	7	6	6	6	6	3	2
5 (10%)	8	6	6	7	5	7	7
6 (10%)	6	5	6	6	9	10	10
7 (5%)	6	4	4	6	4	4	4
Puntuación final	4,95	3,55	3,65	4,75	<b>8,55</b>	8,25	8,15

Tabla 13. Análisis multicriterio para obtener ACS y climatización.

La alternativa que mayor nota obtiene es la caldera de biomasa.

Ahora se realiza el análisis multicriterio para el problema de obtener electricidad en el camping (Tabla 14).

Criterio	Electricidad de la red	<b>Panel solar fotovoltaico</b>	Aerogenerador
1 (35%)	3	10	10
2 (15%)	8	7	5
3 (15%)	2	10	10
4 (10%)	7	3	2
5 (10%)	8	7	6
6 (10%)	6	10	10
7 (5%)	6	4	2
Puntuación final	4,95	<b>8,25</b>	7,65

Tabla 14. Análisis multicriterio para obtener electricidad.

La alternativa que mayor nota obtiene es la implementación de paneles solares fotovoltaicos.

Es importante remarcar que la solución depende de los criterios que se utilizan y del peso que se les da. La solución propuesta ha sido escogida según los criterios establecidos por el proyecto. Dichos criterios buscan la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente por encima de otros aspectos como por ejemplo el coste, aunque también se tiene en cuenta y tiene su peso. Por lo tanto, la solución propuesta es la mejor según los criterios establecidos por el proyecto. Si se escogen otros criterios probablemente saldrá otra alternativa como solución.

## 7.2. Solución propuesta

Tal y como se ha demostrado anteriormente, la alternativa que mejor cumple con los criterios establecidos para cada problema son: **caldera de biomasa (para generar ACS y climatización) y paneles solares fotovoltaicos (para generar electricidad).**

La caldera de biomasa, además de obtener la mayor nota en el problema de obtención de ACS y climatización, es una alternativa que puede obtener ACS y climatización con una gran eficiencia en ambos casos. Es decir, es una alternativa versátil que cumple con creces con los requisitos que se le pide. Sin embargo, destacar que en cuanto a la climatización, la caldera de biomasa solo sirve para generar climatización de invierno (calefacción), que al fin y al cabo es más importante que la climatización de verano (refrigeración) en el caso del camping objeto de estudio puesto que predomina más el frío que el calor a lo largo del año.

Los paneles solares fotovoltaicos son una de las tecnologías alternativas más utilizadas actualmente para obtener energía eléctrica de forma renovable en viviendas y edificaciones. Por lo que no es ninguna sorpresa que haya obtenido la mayor nota en el problema de obtención de electricidad.

Como el camping objeto de estudio es grande (y tiene una demanda de consumo de energía bastante elevada), es muy difícil implementar dichas soluciones como únicas soluciones al problema. Es decir, se tratará de complementar los sistemas de obtención de energía actuales del camping con los nuevos propuestos, que se desarrollarán más adelante en el trabajo. Pero en ningún caso se intentará sustituir absolutamente todo el sistema actual de obtención de energía por el nuevo. Esto supondría un cambio y coste muy elevado y drástico. Además, como ya se comentó, es muy importante disponer de varias alternativas de obtención de energía en el camping por si alguna fallara (especialmente en el caso de campings de montaña donde las temperaturas pueden ser muy bajas).

## 8. Desarrollo de la solución

En este capítulo se desarrollará la solución en detalle de la caldera de biomasa y de los paneles solares fotovoltaicos. Como son dos soluciones independientes (una servirá para generar ACS y calefacción y la otra para generar electricidad) se desarrollará la explicación en apartados distintos.

### 8.1. Caldera de biomasa

Antes de empezar con la cuestión de dónde implementarlas y porqué, es necesario explicar brevemente cómo funcionan y cuáles son sus partes fundamentales, así como también los diferentes biocombustibles que existen y nos podemos encontrar en el mercado.

#### 8.1.1. Funcionamiento general y partes fundamentales

Primero de todo, decir que las calderas de biomasa necesitan un silo o almacén para el almacenaje del biocombustible, que tiene que estar próximo a la caldera. Desde el almacén de biocombustible, un alimentador de tornillo sin fin transporta el biocombustible a quemar a la caldera, dónde se realiza la combustión.

La cámara de combustión es la parte de la caldera dónde se produce la combustión. La cámara de combustión dispone de una parrilla que es dónde se sitúa el biocombustible que se va a quemar y que proviene del silo. Debajo de la parrilla hay una entrada de aire (denominada entrada de aire primario) que se encarga de gasificar la biomasa (se transforma en gas combustible) en un proceso de combustión parcial. El biocombustible se quema mediante un sistema de ignición, que puede consistir por ejemplo en la creación de una chispa, que proporciona la energía de activación para que empiece la reacción. Una vez iniciada la reacción, una entrada de aire situada encima de la parrilla (denominada entrada de aire secundario) proporciona el oxígeno necesario para la reacción de combustión. Por lo tanto, el flujo de aire secundario es el responsable de aportar el oxígeno para la combustión (mantener encendida la llama) y se calienta a altas temperaturas. La temperatura de la llama producida depende de la humedad, densidad y poder calorífico del material biocombustible. El aire caliente pasa por un intercambiador de calor por el cual circula un fluido. El fluido que se calienta (denominado fluido portador de calor) puede ser agua, aceite u otro fluido. En la combustión, el biocombustible reduce su tamaño de partícula, es decir, se transforma en ceniza (parte que no hace combustión del biocombustible). La ceniza cae por los orificios de la parrilla hacia un depósito de ceniza o cenicero. Las calderas suelen tener un sistema que avisa al usuario cuando el cenicero

está lleno para que lo vacíe. De esta forma, la caldera no vuelve a encenderse hasta que no detecta que el cenicero ha sido vaciado. Los humos que han sido liberados durante la combustión y que han pasado por el intercambiador calentando el fluido del intercambiador, se enfrían puesto que han cedido su calor al fluido. Después de pasar por el intercambiador, los humos salen de la cámara de combustión por la chimenea de humos, que lleva incorporado un separador de partículas para evitar que los humos sean excesivamente negros. Dicho esto, uno puede pensar que no es muy práctico ir a alimentar la caldera de biocombustible cada vez que la temperatura de la cámara de combustión baja o, lo que es lo mismo, cada vez que el fluido del intercambiador se enfría. Para resolver este problema existe un sistema automático que gracias a unos motores hace girar el tornillo sin fin (que hace llegar el biocombustible del silo hacia la parrilla) cada vez que una sonda térmica situada dentro de la cámara de combustión detecta una temperatura suficientemente baja [12].

A continuación se muestra un esquema elemental de las partes de la caldera de biomasa (Figura 7). El esquema representado incluye algunas partes que, aunque son recomendables, no tienen porqué tener todas las calderas (como por ejemplo el sistema de seguridad antiincendios, que corta la llama de la caldera en caso de propagarse hacia el silo).

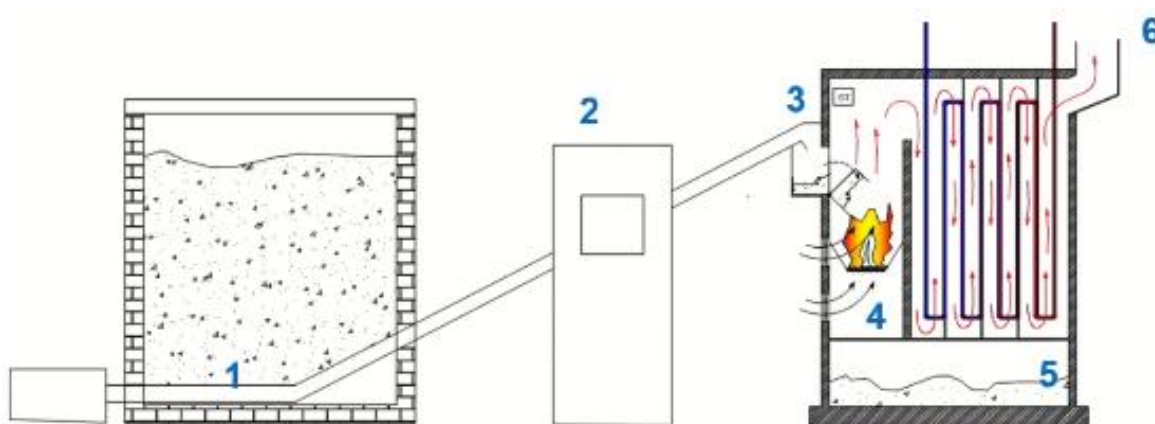


Figura 7. Partes elementales de la caldera de biomasa. (1) Sistema de extracción de combustible desde el silo o almacén. (2) Sistema de seguridad antiincendios. (3) Sistema introductor de combustible en la caldera. (4) Cámara de combustión e intercambiador. (5) Sistema automático de extracción de cenizas. (6) Chimenea de extracción de humos con separador de partículas [12].

Una vez explicado el funcionamiento de alimentación y combustión de la caldera, se procede a explicar la generación de calefacción y ACS. En realidad, es tan sencillo como aprovechar el fluido que se calienta en el intercambiador de la caldera para disponer de calefacción o ACS. Dicho fluido calienta el agua de un acumulador de agua sanitaria mediante tuberías en serpentina. El acumulador siempre mantiene el agua suficientemente caliente para su uso. Si la temperatura del acumulador baja de un valor determinado y por lo tanto, el agua del acumulador se considera que no está caliente, un sistema envía una señal a la caldera para que se encienda y queme combustible haciendo subir la temperatura del acumulador. En definitiva, si el sistema de alimentación hace mover el tornillo sin fin, la caldera quema combustible, que hace aumentar la temperatura de la caldera, que hace aumentar la temperatura del fluido del intercambiador que a su vez hace aumentar la temperatura del acumulador. Dicho esto, si se desea obtener calefacción, se tiene que aprovechar el fluido del intercambiador que sale de la caldera para obtener calefacción mediante por ejemplo sistemas de suelo radiante o radiadores. Decir también que el fluido se distribuye por el circuito de calefacción gracias a unas bombas instaladas. En cambio, si se desea obtener ACS simplemente se tiene que aprovechar el agua caliente sanitaria que proporciona el acumulador.

Como se ha podido ver, una caldera de biomasa está compuesta por más elementos que cualquier caldera de combustible fósil. Por tanto, es razonable que sean más caras. No obstante, es importante recordar que el precio del biocombustible es mucho más barato que el de los combustibles fósiles convencionales (aunque también es cierto que el poder calorífico de los biocombustibles es menor que el de los combustibles fósiles). Decir también que el precio es mucho más estable que el de los combustibles fósiles, ya que la biomasa no depende tanto del mercado o de otros países exportadores. En resumen, a la larga todo esto provoca un ahorro muy significativo y que se recupere la inversión inicial.

### **8.1.2. Biocombustibles y tipos de calderas**

Ahora que ya se ha explicado el funcionamiento general de la caldera de biomasa y de sus partes fundamentales, se explicarán los distintos biocombustibles que existen y las principales diferencias entre ellos.

Antes de nada, es importante definir que es la biomasa. Se define la biomasa como cualquier materia orgánica de origen vegetal o animal que puede ser tratada y utilizada para generar energía. A través de la fotosíntesis, los árboles y las plantas transforman la radiación solar en energía química y la almacenan como materia orgánica. En la biomasa, estos componentes son utilizados para la combustión o conversión térmica, emitiendo a la atmósfera un tipo de CO<sub>2</sub> neutro que no daña el medio ambiente como lo hacen otros combustibles [13]. En la Figura 8 se puede ver el ciclo de la biomasa.

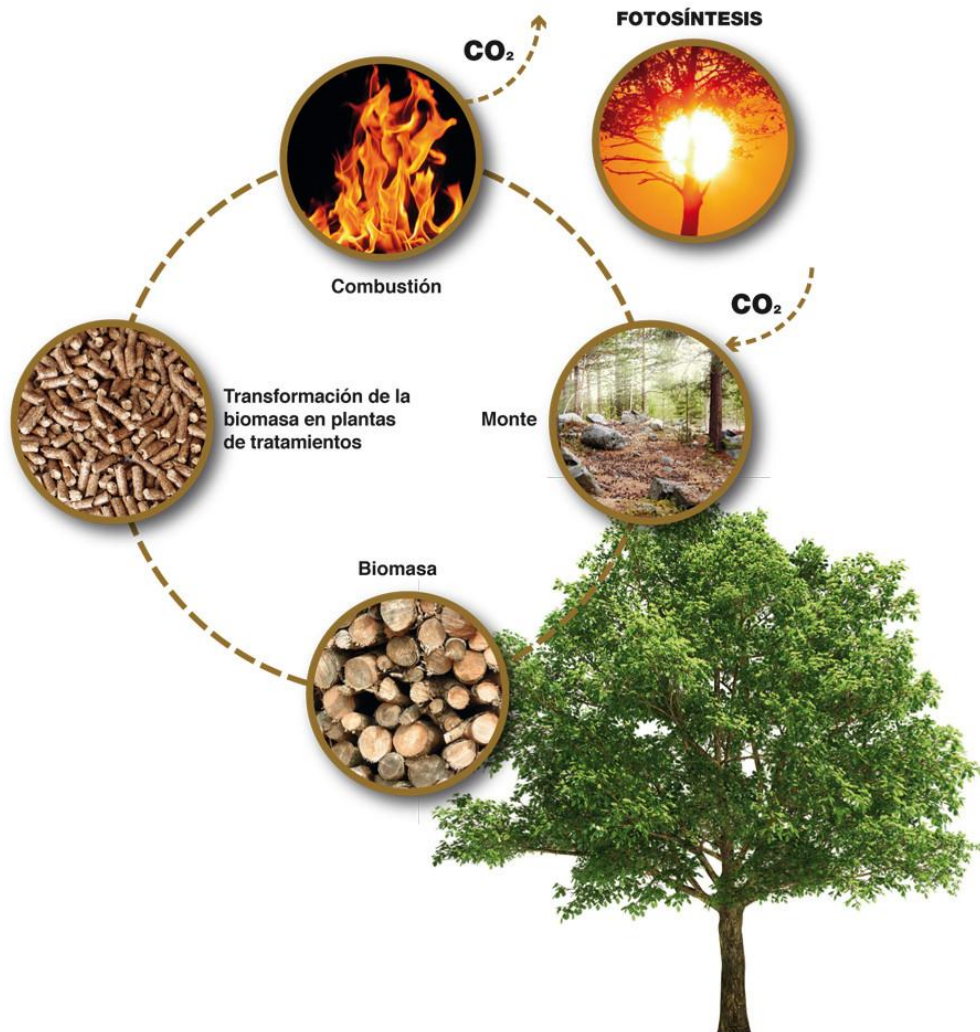


Figura 8. Ciclo de la biomasa. En la reacción de fotosíntesis se consume  $\text{CO}_2$  y agua con la aportación de energía solar, y se transforma en glucosa y oxígeno más energía química, que se almacena como materia orgánica: la biomasa. En cambio en la reacción de combustión de la biomasa se libera  $\text{CO}_2$ , que posteriormente volverá a ser consumido por la fotosíntesis de los árboles y las plantas [13].

Actualmente existen varios tipos de biomasa que se puedan utilizar como biocombustibles en calderas. Según el tipo de biomasa que utilice la caldera, las calderas se pueden clasificar en tres grupos.

- Calderas de pellets. Los pellets de madera son un tipo de biocombustible granulado que ha sido procesado en plantas de tratamiento especializadas. Suelen ser para uso residencial, es decir, para viviendas o casas.



- Calderas de biomasa. Pueden alimentarse de cualquier tipo de biocombustible como por ejemplo leña, astillas, cáscara de almendra o restos de hueso de aceituna. Se ha de reprogramar antes la caldera para indicar el tipo de combustible. Suelen ser para el uso en casas grandes, comunidades de vecinos, etc.
- Calderas mixtas. Pueden utilizar simultáneamente dos tipos diferentes de biocombustibles, como por ejemplo leña y pellets. Suelen ser de gran potencia y para un uso industrial.

### **8.1.3. Comparativa con calderas convencionales de combustibles fósiles**

En este apartado se procede a explicar brevemente las ventajas e inconvenientes de las calderas de biomasa frente a las calderas convencionales de combustibles fósiles que se utilizan actualmente en el camping objeto de estudio.

#### **Ventajas**

El precio del biocombustible o de la biomasa en general es mucho más estable que el de los combustibles fósiles como el gasoil o GLP. Esto se debe entre otras cosas a que no depende tanto de los factores del mercado ni de otros países exportadores. Es decir, biomasa hay prácticamente en todos lados pero petróleo solo existe en unos pocos lugares y son estos lugares quienes regulan el precio. Por lo tanto, muchos usuarios de calderas de biomasa utilizan biomasa local, es decir, de su zona. De esta forma se consigue ahorrar en transporte, por ejemplo.

La energía producida en las calderas de biomasa es inagotable por el ciclo de la biomasa explicado anteriormente. La biomasa es un recurso renovable que se regenera rápidamente. Por lo contrario, los combustibles fósiles como el petróleo no se regeneran ya que son recursos no renovables. Además, es importante decir que la recogida de biomasa de los montes ayuda a limpiarlos, ya que este tipo de residuos naturales facilitan la propagación de los incendios. En adición, otro efecto positivo del uso de las calderas de biomasa es que ayuda a algunas industrias, especialmente las de la madera. La madera que sobra o no sirve en estas industrias se recicla para su uso en calderas de biomasa. Por lo tanto, su extracción no es solo menos costosa que en el caso de combustibles fósiles sino que también tiene efectos secundarios positivos. Es importante recordar que la extracción de combustibles fósiles es más costosa, contaminante y se encuentra en escasez.

En cuanto a eficiencia energética, las calderas de biomasa ganan a las calderas convencionales. Las calderas de biomasa utilizan más eficientemente la energía, de

manera que optimizan más los procesos productivos y el empleo de la energía. Por lo tanto el consumo es menor. Además, el mantenimiento de las tecnologías que utiliza no es tan complejo y es más seguro.

### **Inconvenientes**

El rendimiento en las calderas de biomasa es menor en comparación con las de combustibles fósiles. Por ejemplo, una caldera de biomasa necesita el doble de cantidad de combustible que una caldera convencional. Esto se debe a que la biomasa tiene aproximadamente la mitad de poder calorífico que los combustibles como el gasoil. Esto significa que el almacén de biocombustible pesará aproximadamente el doble. Hay que tener en cuenta también, que la biomasa no se puede encontrar húmeda. En este caso, se ha de someter a un tratamiento de secado.

Además de tener que almacenar el doble de peso para generar un determinado consumo de energía, habrá también que aumentar también el volumen del almacén ya que la densidad del biocombustible es menor. Por lo tanto, el almacén de biomasa será mayor en peso y volumen. Aunque esto no tiene que ser ningún problema en el caso de disponer espacio, como es en el caso de un camping grande como el que es objeto de estudio. También es importante que la caldera que se desea instalar esté situada en una zona geográfica donde sea fácil obtener la biomasa. De la misma manera, no tiene que ser ningún problema en el camping objeto de estudio, puesto que al tratarse de un camping de montaña tiene biomasa a su alcance, solo se trataría de localizarla para transportarla al camping o contactar con alguna empresa suministradora de biocombustible.

La inversión inicial es bastante más elevada puesto que requiere de muchos más elementos, aunque no más complejos. No obstante, como ya se ha indicado anteriormente, todo esto se consigue amortizar a largo plazo debido a la rentabilidad que se obtiene con la reducción del consumo.



## 8.2. Implementación de la caldera de biomasa en el camping

Como ya se ha comentado, la caldera de biomasa sirve para obtener calefacción y/o ACS. El camping objeto de estudio utiliza fundamentalmente GLP y gasoil para obtener la calefacción y ACS (también tiene algún calefactor eléctrico, pero su uso es minoritario y menospreciable). Entonces, queda claro que hay que sustituir algún sistema de GLP y/o gasoil por calderas de biomasa. La pregunta ahora es qué sistemas del camping que consumen GLP o gasoil se pueden sustituir por calderas de biomasa por tal de producir un ahorro y una mejora en el consumo. Para descubrirlo se procedió a pedir información más detallada sobre cuál es exactamente la finalidad del uso de gasoil y GLP, es decir, exactamente dónde y para qué se utiliza.

El gasoil, que solo se consume en la parte sur, sirve para suministrar energía térmica en la zona de la piscina cubierta de interior y en el local social, que se encuentra justo al lado (ver fotografías en el Anexo D). La zona de la piscina cubierta de interior, que se puede utilizar todo el año puesto que es una piscina climatizada, dispone también de sauna, jacuzzi y gimnasio. Todo se encuentra en una misma casa, aunque la piscina climatizada de interior está en una sala distinta y está separada del resto puesto que son dos servicios distintos. El local social o centro principal de información del camping es el edificio donde se encuentra el restaurante o bar. Esta edificación es la más grande de todo el camping. Por supuesto que también dispone de lavabos. Se puede decir que es el centro de reunión principal de todos los visitantes del camping. Cuenta con varias salas lúdicas para realizar actividades o para ir a pasar el rato, todas con internet gratuito para los clientes del camping. La sala más grande es la sala de actividades, donde se llevan a cabo talleres para niños y para los más mayores. También hay otras dos salas más, aunque son más pequeñas. Una de ellas es para los jóvenes y dispone de máquinas recreativas, fútbolín y billar. La otra es una sala pequeña con televisión y sofás.

El resto de casas, *bungalows* y lavabos de la parte sur obtienen calefacción y ACS con GLP. Las caravanas que ocupan parcelas obtienen la calefacción y ACS mediante el suministro eléctrico que les proporciona el camping o bien por bombonas de butano u otros. Esto último es más difícil de cuantificar ya que depende el tipo de cliente y del tipo de caravana.

Las casas, *bungalows* y lavabos de la parte norte también obtienen calefacción y ACS con GLP. De la misma manera, los clientes de caravanas obtienen la calefacción y ACS mediante el suministro eléctrico u otros sistemas difíciles de cuantificar.

En la Figura 9 se puede ver una fotografía de la vista aérea de las distintas edificaciones que se han explicado.



Figura 9. Vista aérea del centro principal de información del camping, en la parte sur. A su izquierda se encuentra la zona de la piscina cubierta de interior y el gimnasio. Al lado de esta casa también está la piscina descubierta. Debajo de todo se puede observar la carretera que divide el camping en dos partes [7].

Dicho esto, se cree que se puede **sustituir todo el sistema de gasoil de calefacción y ACS del camping** (que se encuentra concentrado en un mismo lugar del camping) **por uno o varios sistemas basados en calderas de biomasa**. A continuación se procede a desarrollar la explicación de la estrategia a seguir.

Primero se procede a calcular la potencia de la caldera que se necesita. Las dos edificaciones son grandes y entre las dos suman alrededor de  $700 \text{ m}^2$ . Además a esto se le ha de sumar el gasto energético de la piscina climatizada, que es importante. Dicho esto, por norma general se necesitan aproximadamente  $115 \text{ W}$  por  $\text{m}^2$  útil de vivienda. Multiplicando  $115 \text{ W/m}^2$  por los  $700 \text{ m}^2$  se obtiene que se necesita una caldera de unos  $80,5 \text{ kW}$ . Aunque existen en el mercado calderas de esta potencia, se cree que la demanda de consumo es elevada como para abastecerse de una sola caldera. Además, es importante decir que para calderas superiores a  $70 \text{ kW}$ , es necesario por ley ubicar la caldera en una sala especial homologada que se llama sala de calderas y también es necesario realizar un proyecto a parte supervisado por un ingeniero. Para simplificar el problema y los gastos, se propone implantar más de una caldera.

La primera caldera de biomasa proporcionará calefacción y ACS en la casa donde está la piscina climatizada, el gimnasio y el spa. La segunda caldera de biomasa proporcionará calefacción y ACS en el centro principal de información del camping donde está el bar o restaurante y las diversas salas de actividades.

Ahora solo falta decidir la potencia de cada caldera. La caldera de la casa de la piscina, gimnasio y spa se estima que tiene que tener una potencia de unos 60 kW. Esta potencia será suficiente para proporcionar la energía a la piscina climatizada, gimnasio, sauna y jacuzzi. Esta edificación no es tan grande como la segunda pero requiere de mucha más energía.

La segunda caldera, la del centro principal de información, se estima que tiene que tener una potencia de unos 50 kW. Esta edificación tiene unos 450 m<sup>2</sup> y la potencia será suficiente según la regla anterior (115 W/m<sup>2</sup> por 450 m<sup>2</sup> da 51,75 kW).

Consultando varios catálogos y precios de calderas se ha llegado a las siguientes decisiones [14]. La caldera para la casa de la piscina será el modelo KP 62S serie 3 de la marca BIOCALORA (Figura 10). Esta caldera es de policombustible (puede aceptar varios tipos de biocombustible como por ejemplo pellets, huesos o cáscaras), es semiautomática, muy compacta, de bajas emisiones y alta eficiencia energética. Tiene una potencia de 61 kW. Esta caldera necesita un silo de almacenaje que puede hacerse artesanalmente o bien contratar para la fabricación por separado. Puede consistir simplemente en una habitación pequeña llena de biocombustible. También necesita una tolva que vaya haciendo entrar el biocombustible a la caldera. Por compatibilidad se escoge una tolva metálica de 700 litros y una carga de pellet de 450 kg. Esta caldera necesita también un sistema de alimentación que va aparte. Por compatibilidad se elige el tornillo sin fin de extracción desde el silo para alimentar y dosificar las calderas KP 62S con tolva de 700 litros.



Figura 10. Modelo caldera biomasa KP 62S serie 3 de la marca BIOCALORA. Nótese la presencia del ventilador manual de aire primario incorporado [14].

En cambio, analizando las distintas calderas que hay en el mercado y que pueden servir para la edificación del centro principal de información [14], se ha llegado a la conclusión que la caldera para este caso será la caldera S2000 Basic Essential 50 kW también de la marca BIOCALORA (Figura 11). Esta caldera también es de policombustible y semiautomática. Tiene una gran eficiencia energética y bajas emisiones como la caldera anterior, que es de la misma marca. Como su nombre indica, la caldera es de 50 kW, suficiente para el uso que se le dará. Esta caldera necesita un silo de almacenaje que puede hacerse artesanalmente o bien contratar para la fabricación por separado. También necesita una tolva que vaya haciendo entrar el biocombustible a la caldera. Por compatibilidad se recomienda una tolva metálica de 300 litros. En cuanto al sistema de alimentación, se elige un tronillo sin fin compatible con este modelo.



Figura 11. Modelo caldera biomasa S2000 Basic Essential 50 kW de la marca BIOCALORA [14].

### 8.3. Paneles solares fotovoltaicos

Análogamente, antes de empezar a desarrollar la solución se cree oportuno hacer un breve repaso al funcionamiento general de los paneles solares fotovoltaicos.

#### 8.3.1. Funcionamiento general

Un panel solar fotovoltaico es un tipo de panel solar que ha sido diseñado expresamente para aprovechar la radiación solar transformándola en electricidad. Estos paneles o módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas entre ellas. Estas celdas, también llamadas células fotovoltaicas o células

fotoeléctricas, son los dispositivos electrónicos encargados de transformar la energía incidente de la radiación solar en electricidad (en forma de corriente continua) a través del efecto fotovoltaico. La célula solar solo es capaz de generar una tensión de unas décimas de voltio y una potencia máxima de 1 o 2 W. Por lo tanto, es necesario conectar en serie varias células (que se comportan como pequeños generadores de corriente) para conseguir tensiones más elevadas. Cada panel solar fotovoltaico suele tener entre 20 y 40 células solares. Normalmente suelen tener 36 células, que alcanzan 12 V. Estas células se encapsulan en una resina y se colocan entre dos láminas para formar los paneles o módulos fotovoltaicos. La lámina exterior es de vidrio y la posterior de plástico opaco, habitualmente [15].

Un tema importante en la producción de electricidad mediante paneles solares es el de la orientación de los paneles. En el camping objeto de estudio, como está situado en el hemisferio norte del planeta, hay que orientar los paneles hacia el sur y con una inclinación determinada, que suele aconsejar la empresa proveedora dependiendo de la zona dónde se desean implementar los paneles. Destacar que existe la posibilidad de dotar al equipo de paneles de unos motores que cambien la orientación de los paneles en función de la hora del día. De esta manera se mejora el rendimiento pero también se encarece el presupuesto de forma considerable.

Cada panel proporciona una potencia, un voltaje y una corriente. No obstante, si se desea obtener una configuración distinta de potencia, voltaje y corriente se pueden conectar los paneles de distintas maneras. Los paneles solares se pueden conectar entre sí de dos maneras: en serie y en paralelo. Si se dispone de varios paneles de un mismo modelo e iguales características y la conexión se hace en paralelo, se consigue aumentar la potencia y la corriente, pero se mantiene igual el voltaje. En cambio, si la conexión se hace en serie, se consigue aumentar el voltaje, pero se mantiene igual la potencia y la corriente. A partir de esta idea, hay muchas configuraciones posibles para lograr diferentes características de potencia, tensión y corriente [15].

En la Figura 12 se puede ver un ejemplo de implementación de paneles solares. Nótese que la orientación no es arbitraria, tal y como se ha comentado anteriormente. Los paneles están orientados de tal manera que la radiación incida sobre el panel de forma óptima durante todo el día.



Figura 12. Implementación de paneles solares [15].

### 8.3.2. Ventajas e inconvenientes

La energía solar tiene muy buena aceptación en la sociedad por las múltiples ventajas que presenta. A continuación se procede a recordarlas y también a mostrar sus desventajas, que aunque son pocas, conviene decirlas.

#### **Ventajas**

Es una energía renovable puesto que genera energía a partir de un recurso renovable, el sol. Además, se respeta al medio ambiente puesto que no se generan emisiones de efecto invernadero. Por tanto, es una energía limpia y sostenible.

El uso de paneles solares es favorable para sitios aislados. En el camping objeto de estudio sí llega la red eléctrica, pero si no fuese ese el caso o por ejemplo fallara algún día el suministro eléctrico, los paneles serían de gran ayuda.

Al igual que con la implementación de calderas de biomasa, la implementación de paneles solares implica una importante inversión inicial, pero pronto se amortiza por el ahorro que se consigue. Además, en el caso de los paneles solares, cabe la posibilidad de vender la energía eléctrica que se produzca en exceso a la red eléctrica. Por lo que según como, se pueden generar incluso más beneficios.

No requieren de un gran espacio adicional para su implementación, pues se pueden instalar en tejados por ejemplo. Además, los paneles pueden ser reutilizados fácilmente y se les puede dar más de un uso. Por el tipo de material que están hechos, pueden ser reciclados casi en su totalidad.



## Inconvenientes

Como ya se ha comentado, la inversión inicial es algo elevada. Son tecnologías fiables pero caras, por lo que el desembolso inicial es importante.

El rendimiento es función de la climatología. Por lo tanto, la dependencia de la climatología provoca que sea una opción poco viable en zonas dónde apenas incida el sol y generalmente esté el cielo nublado. También hay que decir que el rendimiento depende del horario solar, es decir, no solo depende de la climatología (si hace sol o no en el lugar) sino que también depende de la hora del día (si hace sol o no en una hora determinada del día). Esto último hace que sea poco viable su implementación en países situados muy al norte, dónde los días de invierno tienen pocas horas de sol.

Se puede decir que los paneles solares fotovoltaicos solo sirven para generar electricidad. Si se desea calentar agua para generar ACS se tiene que hacer mediante calentadores eléctricos. El paso de energía eléctrica a energía térmica para calentar agua conlleva ciertas pérdidas energéticas. Por tanto, se suelen utilizar principalmente para generar electricidad (para generar ACS es mucho mejor utilizar otro tipo de paneles solares llamados colectores solares que calientan el agua directamente).

Existen ciertas limitaciones para almacenar la energía eléctrica generada. Normalmente, cuando hace sol y se genera energía eléctrica es cuando menos se necesita. Por lo tanto, suele ser necesario almacenar la energía generada durante el día en baterías (de capacidad limitada).

## 8.4. Implementación de paneles solares fotovoltaicos en el camping

La implementación de paneles solares en los lavabos del camping ya está hecha. Por lo que la opción de implementar paneles solares en los lavabos queda descartada, precisamente porque ya esta implementada por ley. Dicho esto, se pensó que la implementación tenía que ser en un lugar dónde la demanda de electricidad fuera más o menos constante. Entonces, quedó descartada la opción de implementar paneles en las diferentes casas de alquiler, *bungalows* e incluso en la casa donde está la piscina climatizada y el gimnasio. Si se implementa en uno de estos sitios, los paneles pasarían mucho tiempo recibiendo energía y no utilizándose. Por lo que no se aprovecharía el sistema. A pesar de que cabe la posibilidad de devolver la electricidad a la red, primero se piensa en usarla y, si hay excedente, se devuelve. Pero lo primero es aprovechar la energía que proporcionan los paneles. En definitiva, un lugar óptimo dónde implementar los paneles es en la casa grande o centro principal de información (dónde está el restaurante, las

diversas salas de actividades y demás). Por lo tanto, se cree que es una buena opción la de **disponer de una ayuda de suministro eléctrico fotovoltaico que conviva con el suministro eléctrico de la red en la casa principal o centro de información del camping**. Entonces, este proyecto particular de instalar paneles solares en la casa grande del camping es un proyecto de paneles solares para el autoconsumo. Es decir, la finalidad de la instalación es generar energía eléctrica a partir de energía solar para el ahorro energético, pudiendo siempre acceder a la red eléctrica en caso de quedarse corto o necesitar más energía eléctrica.

Sabiendo que la casa es de grandes dimensiones y analizando las diferentes instalaciones que se venden en el mercado, se cree que la implementación oportuna es la que proporciona 10 kW de potencia instalada. Además, con esta potencia se evita el pago del Impuesto al Sol (impuesto que se paga solo en el caso de disponer de más de 10 kW de potencia instalada). En adición, decir que la energía renovable que es autoconsumida no supone cargos o peajes adicionales, también por ley. Estas instalaciones para autoconsumo se venden en kits, por lo que resulta fácil calcular los costes que supone la instalación [16].

Estos kits de instalación son instalaciones que se conectan a la red eléctrica sin uso de baterías. Este tipo de instalaciones están pensadas para convivir con la red eléctrica, como es el caso del camping objeto de estudio. La instalación se puede hacer sobre el tejado o sobre otra superficie. En el caso del camping objeto de estudio, se cree que puede ser una buena idea implementarlas sobre el tejado. El funcionamiento de la instalación es sencillo: las placas solares se conectan a un inversor fotovoltaico que convierte la corriente continua generada por las placas en corriente alterna (que es el tipo de corriente que necesitan la mayoría de equipos eléctricos). Por lo tanto, el kit de instalación consiste en las placas solares, el cableado y el inversor. En función de la demanda de energía que tenga la edificación, la energía se coge de la instalación de paneles solares o de la red eléctrica, en este orden. Por lo que si se necesita más energía de la que se está produciendo en ese momento por los paneles, la red suministra la electricidad necesaria sin problema. Por último, se simplificará la instalación de forma que no se considerará la opción de verter electricidad a la red puesto que el camping está abierto todos los días del año y, por lo tanto, la edificación de información o centro de atención al cliente siempre estará consumiendo energía todos los días del año. Por lo tanto, también habrá que disponer de un dispositivo de inyección cero para evitar verter energía en la red eléctrica [16].

La instalación fotovoltaica de 10 kW de potencia instalada en la casa suministrará aproximadamente 16.000 kWh/año aproximadamente [16]. Esta cifra nos da una estimación de que aproximadamente nos proporcionará 1.334 kWh/mes (depende del sol que haya en el mes y el día). El consumo mensual de la casa se estima por sus



dimensiones y consumo que será superior, por lo que tendrá que convivir con la instalación de red eléctrica ya conectada. No obstante, se producirá un ahorro significativo.

El kit solar de autoconsumo de 10 kW elegido está compuesto exactamente por los siguientes elementos: 40 paneles solares (250 W y 24 V) SolarWorld, un inversor solar de conexión a red trifásico, un sistema de control de vertido a red, el cableado necesario para el conexionado y las estructuras necesarias para el soporte en el tejado [16]. Destacar que el conexionado de los paneles se hará en paralelo para conseguir la potencia de 10 kW (es decir, 250 W multiplicado por 40 da una potencia de 10.000 W). En la Figura 13 se puede ver la fotografía de un panel SolarWorld.



Figura 13. Panel solar fotovoltaico SolarWorld. El kit incluye 40 paneles como este [16].

Finalmente, decir que cada panel tiene unas dimensiones de 1.000 mm de anchura por 1.675 mm de altura ( $1,675 \text{ m}^2$ ). Por lo tanto hace falta un espacio en el tejado de  $67 \text{ m}^2$  (40 paneles por  $1,675 \text{ m}^2/\text{panel}$ ).

## 9. Estudio económico

En este capítulo se desarrollarán los costes involucrados en la implementación de la solución. También se hará un estudio económico sobre el ahorro y la rentabilidad. Puesto que cada implementación es independiente de la otra, se considerarán dos estudios distintos. Decir también que no se ha considerado en ningún caso el coste que hubiera supuesto el estudio, ya que se trata de un estudio académico en el cual se han invertido muchas más horas de las estrictamente necesarias si se es un profesional especializado en el sector.

### 9.1. Implementación de las calderas de biomasa

La caldera KP 62S serie 3 de la marca BIOCALORA y todo el equipo que la acompaña (implementada en la zona de la piscina) tiene los siguientes costes (Tabla 15).

Producto	Coste
Caldera KP 62S BIOCALORA	11.800 €
Tolva metálica 700 litros	513 €
Tornillo sin fin	511 €
Concepto de transporte, puesta en marcha y mantenimiento inicial.	1.000 €
<b>TOTAL</b>	<b>13.824 €</b>

Tabla 15. Desglose del coste de la caldera de biomasa de la zona de la piscina climatizada, gimnasio y spa. Nótese que se ha añadido un coste en concepto de transporte, puesta en marcha y mantenimiento inicial de un par de visitas como máximo. Se ha estimado a partir de los precios de los distintos proveedores.

La caldera S2000 Basic Essential 50 kW de la marca BIOCALORA y todo el equipo que la acompaña (implementada en el centro principal de información) tiene los siguientes costes (Tabla 16).

Producto	Coste
Caldera S2000 Basic Essential 50 kW BIOCALORA	5.289 €
Tolva metálica 300 litros	(incluida en precio caldera)
Tornillo sin fin	(incluido en precio caldera)
Concepto de transporte, puesta en marcha y mantenimiento inicial.	1.000 €
<b>TOTAL</b>	<b>6.289 €</b>

Tabla 16. Desglose del coste de la caldera de biomasa del centro principal de información con el restaurante y las diferentes salas de actividades y ocio. Nótese que se ha añadido un coste en concepto de transporte, puesta en marcha y mantenimiento inicial de un par de visitas como máximo. Se ha estimado a partir de los precios de los distintos proveedores.

Sumando los costes que implican las dos calderas se tiene que **la inversión inicial es de 20.113 €**. Recordar que esta inversión es aproximada y depende entre otras cosas del proveedor y de las condiciones de transporte, instalación y mantenimiento, entre otros. También es importante decir que en ninguno de los dos casos se ha contemplado la opción de comprar nuevos acumuladores de agua puesto que normalmente se pueden aprovechar los que ya se utilizaban con las calderas de gasoil. Ya dependería de los técnicos o de los dueños de si incorporar nuevos acumuladores o aprovechar los que tenían instalados.

Con el sistema anterior de gasoil se tiene un consumo de 25.000 kg/año. Esto significa un coste anual de 23.611 €/año. Por lo que la demanda de consumo de gasoil es de 277.780 kWh/año, como ya se demostró en el estudio del camping anteriormente. Ahora, con las nuevas calderas de biomasa, para satisfacer esta demanda de consumo de 277.780 kWh/año se necesitarán 55.556 kg/año de pellets de madera (el poder calorífico del pellet

es de aproximadamente 5 kWh/kg). Se ha escogido el pellet de madera como combustible porque es el que mejor prestaciones tiene dentro de la gama de biocombustibles que existen en el mercado. Además, es el biocombustible más comercializado y el aconsejado por el fabricante. El coste del pellet vendido a granel es de aproximadamente 230 €/tonelada [14]. Dicho esto, el coste anual que supone la compra de 55,556 toneladas/año de pellets de madera es de 12.778 €/año. Por lo tanto, estamos pasando de gastar 23.611 €/año con las calderas de gasoil a gastar 12.778 €/año con las calderas de biomasa. **El ahorro anual en el consumo de combustible es de 10.833 €/año.**

Con los datos anteriores podemos llegar a la conclusión de que la inversión inicial se recupera en aproximadamente 2 años (Tabla 17). Decir que, aunque se podría calcular el periodo de retorno exacto (con decimales), no tiene mucho sentido puesto que la demanda en realidad no es constante mensualmente. Es decir, habrá meses que se compre más cantidad de pellets que otros puesto que habrá meses que se consuman más pellets. Para entenderlo mejor, pensar simplemente que la recarga de pellets parece inviable hacerla una vez al año puesto que en este caso se necesitarían dos silos que sumen una capacidad de 85,47 m<sup>3</sup> (ya que la densidad del pellet de madera es de 650 kg/m<sup>3</sup>). Se cree una mejor opción disponer de silos de menores dimensiones y rellenarlos cada 4 meses por ejemplo. Además, recordar que no se han tenido en cuenta los posibles costes que pueden suponer los silos y su adaptación (esto haría aumentar la inversión y por lo tanto retrasar el periodo de retorno).

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo	-20.113 €	+10.833 €	+10.833 €	+10.833 €	+10.833 €	+10.833 €
Acumulado	-20.113 €	-9.280 €	+1.553 €	+12.386 €	+23.219 €	+34.052 €
VAN	-20.113 €	-10.265 €	-1.312 €	+6.827 €	+14.226 €	+20.953 €

Tabla 17. Flujo del periodo, flujo acumulado en el periodo y VAN (con un interés exigido del 10%) en cada periodo. Se han considerado 5 años vista.

En términos de rentabilidad, se puede ver que **el proyecto es rentable** a 5 años vista (e incluso a 3 años vista). El VAN (con un interés exigido del 10%) a 5 años vista da 20.953 €. Como el VAN es positivo se puede decir que este proyecto particular es rentable.

## 9.2. Implementación de los paneles solares fotovoltaicos

El kit de implementación de paneles solares que proporcionan 10 kW en total implica los siguientes costes (Tabla 18).

Producto	Coste
40 paneles solares (250 W y 24 V) SolarWorld	40 paneles x 280 €/panel = 11.200 €
Inversor + Sistema control vertido a red + Cableado	1.000 €
Estructura soporte tejado	1.000 €
Concepto de transporte, instalación y mantenimiento inicial.	1.200 €
<b>TOTAL</b>	<b>14.400 €</b>

Tabla 18. Desglose del coste del kit de implementación de paneles solares fotovoltaicos del centro principal de información con el restaurante y las diferentes salas de actividades y ocio. Nótese que se ha estimado un coste adicional en concepto de transporte, instalación y mantenimiento inicial.

Por lo tanto, **la inversión inicial es de 14.400 €**. Recordar que el coste de la inversión es aproximado ya que se ha calculado con algunos costes estimados que pueden variar según el proveedor.

El consumo de energía eléctrica en el camping es de 370.148 kWh/año. Con la implementación de estos paneles se consigue un suministro de 16.000 kWh/año. Por lo tanto el ahorro es de 16.000 kWh/año. Si multiplicamos este consumo de 16.000 kWh/año que nos ahorramos por 0,143 €/kWh (que sale de multiplicar 0,08 €/kWh por un factor de 1,79 que representan los impuestos) tenemos que **el ahorro anual en el consumo de electricidad es de 2.288 €/año**.

El periodo de retorno es de aproximadamente 7 años (puede variar en función de los costes, que algunos de ellos han sido estimados). Ver Tabla 19.

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Flujo (€)	-14.400	+2.288	+2.288	+2.288	+2.288	+2.288	+2.288	+2.288
Acum. (€)	-14.400	-12.112	-9.824	-7.536	-5.248	-2.960	-672	+1.616
VAN (€)	-14.400	-12.320	-10.429	-8.710	-7.147	-5.727	-4.435	-3.261

Tabla 19. Flujo del periodo, flujo acumulado en el periodo y VAN (con un interés exigido del 10%) en cada periodo. Se han considerado 7 años vista.

En términos de rentabilidad, se puede ver que el proyecto no es rentable a 7 años vista con un interés exigido del 10%. Por lo tanto, para hacerlo rentable hay dos opciones: bajar el interés exigido o aumentar el alcance del proyecto. Puesto que el alcance del proyecto ya se puede considerar elevado (7 años vista) y no conviene aumentarlo mucho más, se cree que es una mejor opción bajar el interés exigido. **Si se toma un interés del 5% en lugar del 10%**, se tiene que el VAN se hace positivo en el octavo año (388 €) y, por lo tanto, este proyecto particular **se hace rentable a 8 años vista**. Es importante recordar que el interés exigido o tasa de descuento que interviene en el cálculo del VAN significa el coste de capital que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro. Cuanto mayor es el interés que se le exige, menor es el VAN. Se suele coger el 10% pero en este caso se ha considerado un 5%, por lo que se está asumiendo mayor riesgo.

## 10. Impacto ambiental

En este capítulo se analizan los impactos ambientales relacionados con la solución propuesta y se comparan con los que actualmente existen, sin la solución propuesta implementada.

### 10.1. Cambio de gasoil a biomasa

En cuanto a la implementación de las calderas de biomasa, decir que se está pasando de utilizar un combustible no renovable (gasoil) a utilizar un combustible renovable (biomasa). Por lo tanto, se está haciendo un favor al planeta puesto que se está pasando de utilizar un recurso limitado y extingible a utilizar un recurso que se regenera de forma natural.

Además, como ya se comentó, se están bajando las emisiones de GEI de forma muy considerable. Tanto como que con la utilización de gasoil se emiten grandes cantidades de CO<sub>2</sub> dañino y con la utilización de biomasa se emite solo un CO<sub>2</sub> neutro que no afecta a la atmósfera. Podemos cuantificar estos valores gracias a los factores de emisión de cada combustible. El factor de emisión del gasoil es de 0,27 kg CO<sub>2</sub>/kWh y el factor de emisión de la biomasa pura es de 0 kg CO<sub>2</sub>/kWh [17], puesto que las emisiones de CO<sub>2</sub> son neutras en el sentido de que el CO<sub>2</sub> emitido en la combustión ha sido absorbido previamente de la atmósfera. Entonces, multiplicando los 0,27 kg CO<sub>2</sub>/kWh por los 277.780 kWh/año generados con gasoil se tiene que **con las calderas de gasoil se producen unas emisiones anuales de 75.000 kg CO<sub>2</sub>/año**. En cambio, **con las calderas de biomasa no se emite CO<sub>2</sub> dañino** puesto que es neutro. Por tanto, se estarían emitiendo 75.000 kg CO<sub>2</sub>/año menos a la atmósfera.

Por último, remarcar que la extracción de tantas toneladas de biomasa podría suponer un problema en el caso de contratar proveedores de biomasa que exploten zonas naturales protegidas. Aunque esto hoy en día está muy controlado y se cree que no es el caso. Pero sí es importante remarcar que en el caso de querer autoabastecerse de biomasa para el autoconsumo se tiene que tener cuidado con no alterar el medio ambiente de manera excesiva, es decir, por ejemplo, se puede extraer leña del monte pero hasta cierto punto.

### 10.2. GLP

El consumo de GLP no se ha modificado en la solución propuesta. Por lo tanto, se siguen consumiendo recursos no renovables ya que el GLP es un derivado del petróleo y el petróleo es un recurso limitado y que se está agotando en el planeta.

También se pueden calcular las emisiones producidas por la utilización de GLP. En este caso el factor de emisión para el GLP genérico es de 0,23 kg CO<sub>2</sub>/kWh [17]. Multiplicando este factor por los 352.390 kWh/año generados **con GLP se tienen unas emisiones de 81.050 kg CO<sub>2</sub>/año**. Recordar que la solución propuesta no baja estas emisiones (sería mucho más complejo puesto que el uso del GLP está más esparcido por el camping y no tan centralizado).

### 10.3. Red eléctrica y paneles solares

Con la implementación de paneles se está reduciendo el consumo de la red eléctrica. La energía que se produce con los paneles viene de un recurso renovable, el sol. En cambio, la energía que suministra la red eléctrica viene de una mezcla de recursos renovables y no renovables (puesto que es una mezcla de la energía procedente de diferentes centrales generadoras de energía eléctrica, lo que se conoce como el *mix* eléctrico). Decir que el *mix* eléctrico de España tiene un mayor peso de energías no renovables que de energías renovables. Por lo tanto, con la implementación de paneles en el camping se está contribuyendo a la generación de energías limpias y respetuosas con el medio ambiente.

Las emisiones de GEI se reducen (aunque sí es cierto que poco). Con los paneles solares se produciría un ahorro de 16.000 kWh/año, por lo tanto se pasaría de consumir 370.148 kWh/año a consumir 354.148 kWh/año de electricidad de la red. Tomando que la electricidad de la red o *mix* eléctrico genera unas emisiones de aproximadamente 0,6 kg CO<sub>2</sub>/kWh [17], se puede decir que **se pasaría de contribuir a unas emisiones de 222.089 kg CO<sub>2</sub>/año sin los paneles a unas emisiones de 212.489 kg CO<sub>2</sub>/año con los paneles**. Por tanto, se estarían emitiendo 9.600 kg CO<sub>2</sub>/año menos a la atmósfera. No obstante, si se es riguroso, en realidad, con la producción de energía mediante paneles se está contribuyendo algo a la contaminación ya que, en la producción de celdas y paneles solares se utilizan materiales fósiles y procesos químicos que sí pueden contaminar.



## Conclusiones

Las conclusiones que se obtienen de la realización de este trabajo son las siguientes.

- Se cree que se han podido cumplir con los objetivos marcados al principio del trabajo. Asimismo, se cree que la idea general del sistema solución puede ser extrapolable a otros campings similares.
- Por lo que respecta al posible cumplimiento de las normas ISO de medio ambiente, se cree que con la solución propuesta se está cerca aunque aún existe cierto margen de mejora en la gestión energética del camping. No obstante, la solución significa un paso muy grande hacia la consecución del aprobado de dichas normas.
- La realización del estudio de mercado ha sido crucial para después poder entender y desarrollar el estudio de gestión energética en el camping objeto de estudio, así como también para poder desarrollar la solución.
- En el estudio de la gestión energética actual del camping objeto de estudio se ha podido ver que el consumo total por noche de huésped es bastante similar, aunque superior, al que tienen otros campings con una gestión energética totalmente sostenible. Esto nos indica que no se malgasta en exceso la energía que se utiliza pero sí es cierto que habría que concienciar a los clientes del uso racional de la energía para bajar este consumo. De todas formas, que estos dos valores se asemejen no indica que el camping objeto de estudio utilice recursos renovables o no, indica el consumo racional de la energía.
- En el análisis de alternativas para la propuesta de mejora, se eligieron los criterios de selección basándose en los criterios de aprobación de las normas ISO de medio ambiente. Por lo que si se eligiesen otros criterios o se ponderaran de manera diferente posiblemente saldrían otras alternativas como solución. Es decir, la alternativa solución depende de los criterios que se elijan y del peso que se les dé.
- En cuanto a la solución propuesta para sustituir el sistema de gasoil por una caldera de biomasa en la casa principal del camping para producir calefacción y ACS, decir se tiene que seguir con el consumo de GLP necesariamente puesto que con la caldera de biomasa no se puede abarcar el consumo de cocinas. Por lo tanto, las cocinas han de seguir igual funcionando con GLP.

- La solución general de implementación de calderas de biomasa en la casa principal y en la casa de la piscina es bastante rentable y el ahorro es grande, por lo que se recomienda fuertemente su implantación. Decir también, que el periodo de retorno podría retrasarse debido a posibles gastos futuros adicionales como por ejemplo la compra de nuevos acumuladores o la subcontratación para la construcción de un silo, que haría aumentar la inversión inicial. No obstante, seguro que seguiría siendo rentable.
- La solución de implementación de paneles solares en la casa principal del camping no resulta tan rentable como la implementación de calderas de biomasa. Esto se debe en gran parte a que el consumo eléctrico del camping es demasiado grande como para poderse abarcar con paneles solares. Es decir, los paneles solares tan solo aportan una pequeña cantidad del consumo total del camping y su inversión inicial es elevada.
- Tanto en el caso de las calderas de biomasa como en el de los paneles solares, aunque especialmente en el caso de los paneles donde la inversión no resulta tan rentable, se cree que deberían haber más subvenciones u otras facilidades que promuevan su implementación por parte de organismos estatales o gubernamentales. De esta forma, muchos más campings de montaña, como por ejemplo el que es objeto de estudio, se verían incitados a implementar estas soluciones. También depende del camping si está dispuesto a cuidar un poco más el medio ambiente aún pagando un poco más.
- El impacto ambiental al que se contribuye con la solución es mucho menor al que se contribuye actualmente, sin la solución propuesta. Por lo tanto, existe una mejora clara en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, este trabajo promueve la utilización de energías limpias y renovables como opción única en el futuro.

## Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a Oriol Guix, gerente del Camping Repòs del Pedraforca, por mostrarse abierto y dispuesto a ayudar en la realización de este trabajo.

Dar las gracias también al profesor Lázaro Cremades por dirigir este trabajo y por ayudar a resolver muchas de las dudas que han ido surgiendo durante la realización del trabajo.

# Bibliografía

## Referencias bibliográficas

- [1] CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN, Documento Básico HE Ahorro de Energía, Sección HE 4 y Sección HE 5, junio del 2017 [<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>], 22 de noviembre del 2018]
- [2] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Online Browsing Platform (OBP), ISO 14000 e ISO 50000. [<https://www.iso.org/obp/ui>], 4 de octubre del 2018]
- [3] EUROPEAN COMMISSION, Environment, Industry. [<http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>], 4 de octubre del 2018]
- [4] UNIVERSIDAD DE ALICANTE: ANDRES ROMERO MONTERO, JOSE CARLOS LLOPIS, PILAR GARCIA SANCHEZ. *Gestión Medioambiental en Alojamientos Turísticos en Régimen de Camping*. Alicante, 2011.
- [5] EUROPEAN COMMISSION, JRC SCIENTIFIC AND POLICY REPORTS: DAVID STYLES, HARALD SCHÖNBERGER, JOSE LUIS GALVEZ MARTOS. *Best Environmental Management Practice in the Tourism Sector*. Luxemburgo: 2013, cap. 9 (*Campsite Best Environmental Management Practices*) p. 532-593
- [6] COLORADO STATE UNIVERSITY: SCOTT DENNING. Carpeta ats543, Carpeta Grid. [<http://denning.atmos.colostate.edu>], 13 de octubre del 2018]
- [7] CAMPING REPÒS DEL PEDRAFORCA. [[www.campingpedraforca.com](http://www.campingpedraforca.com)], 3 de noviembre del 2018]
- [8] GOOGLE MAPS. [[www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)], 3 de noviembre del 2018]
- [9] PRECIOGAS de SELECTRA, apartado GLP. [[www.preciogas.com](http://www.preciogas.com)], 14 de noviembre del 2018]
- [10] MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA, SECRETARÍA DE ESTADO DE ENERGÍA, GOBIERNO DE ESPAÑA. Energía, Gases Licuados del Petróleo (GLP). [[energia.gob.es/glp](http://energia.gob.es/glp)], 14 de noviembre del 2018]

- [11] CLICKGASOIL, apartado Precio Gasoil Calefacción. [[www.clickgasoil.com](http://www.clickgasoil.com)], 20 de noviembre del 2018]
- [12] UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA: BORJA VELAZQUEZ MARTI. Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria. Vídeo sobre Funcionamiento de Calderas de Biomasa. [<https://www.youtube.com/watch?v=boeHLO1Vh44>], 14 de diciembre del 2018]
- [13] HILDEBRANDT GRUPPE, apartado blog sobre Eficiencia Energética. [<http://www.hildebrandt.cl/como-funciona-una-caldera-de-biomasa/>], 15 de diciembre del 2018]
- [14] GIERSOLAR, catálogo de productos y precios. [<http://www.giersolar.es/>], 20 de diciembre del 2018]
- [15] ENERGÍA SOLAR, web divulgativa sobre energía solar. [<https://solar-energia.net/>], 22 de diciembre del 2018]
- [16] SUNFIELDS EUROPE, web informativa sobre paneles solares y distribuidores oficiales de paneles de marcas de alta gama. [<https://www.sfe-solar.com/>], 24 de diciembre del 2018]
- [17] OFICINA CATALANA DEL CANVI CLIMÀTIC, GENERALITAT DE CATALUNYA. *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (versión 2018)*. [<http://canviclimatic.gencat.cat/ca/>], 27 de diciembre del 2018]



## Anexos

### Anexo A

PREGUNTA	RESPUESTA DEL CAMPING "X"
1. Nombre del camping (si por alguna cuestión se desea responder la encuesta de forma anónima dejarlo en blanco).	
2. ¿Cómo obtenéis el agua caliente sanitaria? Especificar el sistema utilizado.	
3. ¿Disponéis de climatización (ya sea ventilación, calefacción o refrigeración) en alguno de los espacios dentro del camping (como por ejemplo <i>bungalows</i> , espacios de ocio y tiempo libre, gimnasios o restaurantes)?	
4. En caso afirmativo, ¿cómo obtenéis esta climatización? Especificar el sistema utilizado.	
5. ¿Cómo obtenéis la electricidad? Especificar el sistema utilizado.	
6. ¿Cuál es la capacidad máxima de personas en vuestro camping? (Se refiere a la cantidad de personas que como máximo pueden llegar a estar al mismo tiempo).	
7. ¿Qué meses son de temporada alta en vuestro camping?	
8. ¿Cuál es la demanda de clientes al mes habitual en temporada alta? (Expresada en: noches huésped / mes).	
9. ¿Y en temporada baja? (Mismas unidades).	
10. ¿Cerráis el camping algunos meses? ¿Cuáles?	

Anexo A. Encuesta realizada para el estudio de mercado.

## Anexo B



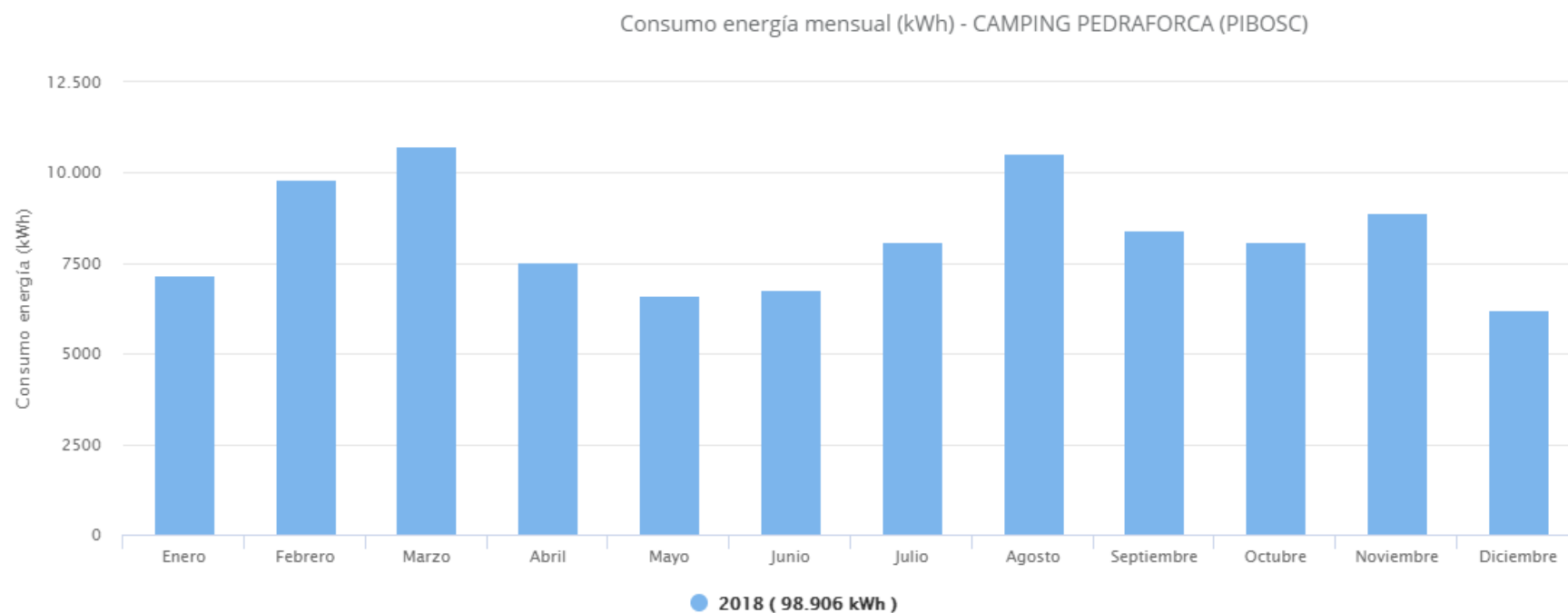
Anexo B.1. Leyenda del plano del Camping Repòs del Pedraforca, que se encuentra en la página siguiente adecuadamente orientada para su mejor visualización [7].



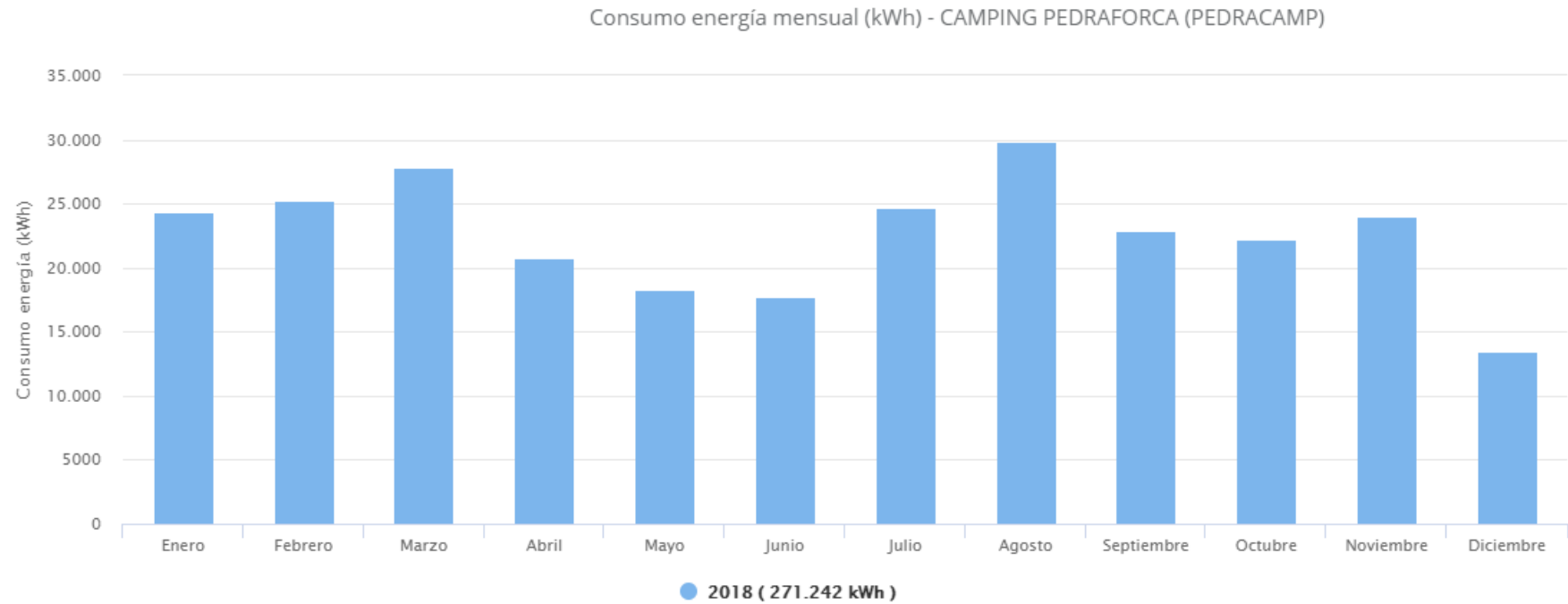


Anexo B.2. Plano del Camping Repòs del Pedraforca. Nótese que el plano esta girado, es decir, el norte se encuentra debajo [7].

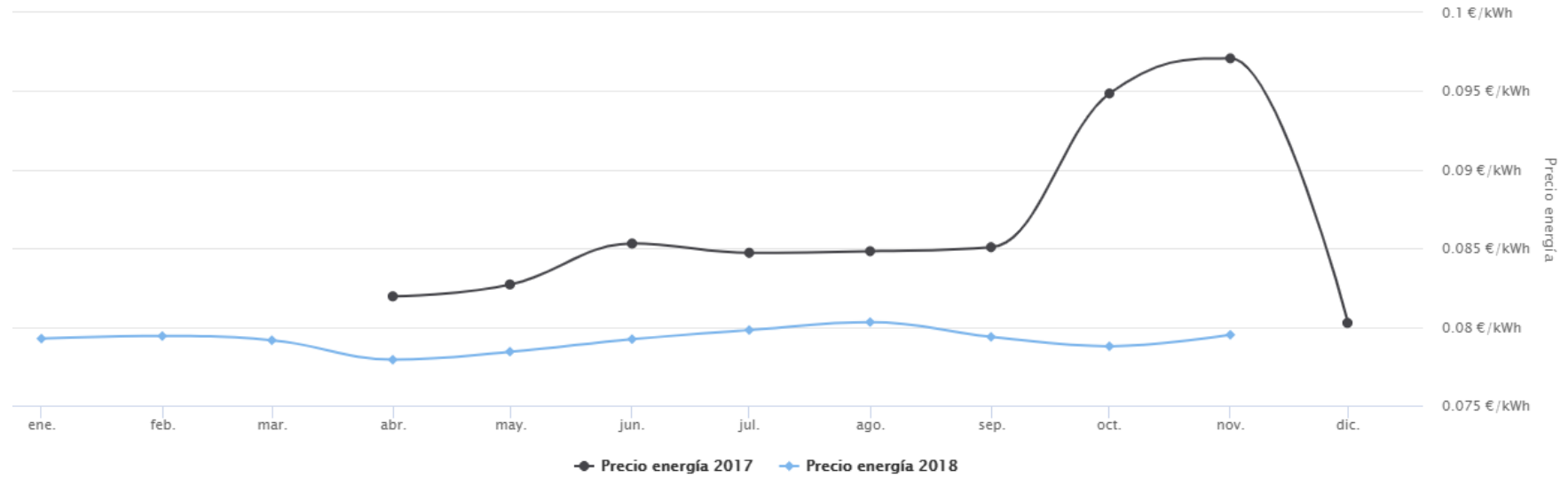
## Anexo C



Anexo C.1. Gráfico sobre el consumo de energía eléctrica de la parte norte del camping en 2018.



Anexo C.2. Gráfico sobre el consumo de energía eléctrica de la parte sur del camping en 2018.

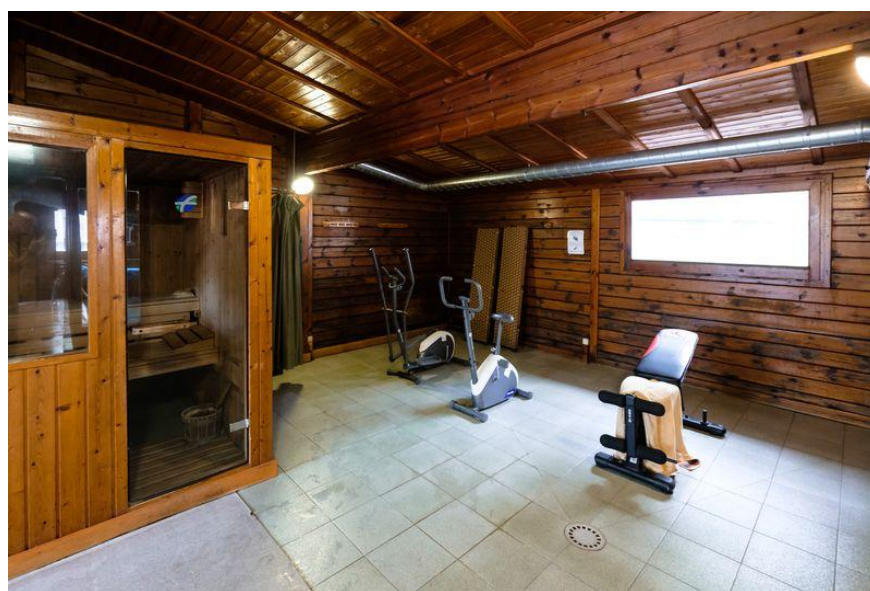


Anexo C.3. Evolución del coste de la energía eléctrica (años 2017 y 2018).

## Anexo D



Anexo D.1. Piscina climatizada [7].



Anexo D.2. Gimnasio y spa, en la misma edificación que la piscina climatizada pero en salas distintas [7].





Anexo D.3. Edificio principal del camping y centro de información. En esta cara se puede ver el bar o restaurante [7].



Anexo D.4. Edificio principal del camping y centro de información. En esta cara se puede ver la entrada a una de las salas de actividades [7].